

بسم الله الرحمن الرحيم

المملكة العربية السعودية  
جامعة أم القرى  
كلية العلوم والتطبيقات والهندسة  
قسم الفيزياء



حلقة بحث بعنوان

# دراسة عملية ونظرية لفرن شمسي

مقدم من الطالب

خليل عثمان عبد الحفيظ بكاش

٢٠٢٠



٢٦٩

إشراف

الدكتور محمد عبد الوهي كامل العوي

Handwritten signature

الفصل الدراسي الثاني  
شعبان  
١٤٠١ / ١٤٠٢ هـ  
مكة المكرمة

Handwritten number 111738



## مقدمة

لقد قدس الانسان منذ اقدم العصور الشمس وما كان يدرى ما يؤدية هذا النجم للحياة كما ندرى اليوم . لم تكن الشمس في مفهوم الانسان القديم سوى الضوء والدفع ولم يخرج الضوء في مفهومه عن الطمانينه أو الوسيلة التي تمكنه من تمييز الاشياء . أما اليوم فقد غدت الشمس في مفهوم المثقفين روح الحياة . فلولاها ما كان الضوء ، ولولا الضوء ما كان النبات ، ولولا النبات ما كان الحيوان ولولا الشمس لما كانت الحرارة ولولا الحرارة ما كان البخار ولا كانت الامطار ، ولولا الامطار ما جرت الانهار - ومع كل ما زاد من معرفة الانسان عن الشمس ودورها في استمرار الحياة الا أنها لم تعد كما كانت با لأمس تقس تحت أسماء مختلفة (رع) أو آمون أو (شمسون) .

كان الانسان يعتمد في الانتاج على عضلاته فهي مصدر الطاقة الوحيد عنده ، ثم استعان با لحيوان والادوات الحجرية وغيرها . وفي القرن الثامن عشر اكتشف قوة البخار ، واستخدمها في تحريك الآلات بالثورة الصناعية وهي اللسان الذي بنيت عليها الحضارة الحديثة التي تسابق شعوب العالم في ميدانها . واعتماد النسان على الآلة يعنى اعتماده على الوقود الذي يدير الآلة سواء الفحم أو البترول أو الغاز أو الكهرباء أو الذرة .

ويدرك علماء الطاقة أن مصادر الطاقة الرئيسية التي تعتمد عليها الحضارة في الوقت الحاضر محدودة ولا بد من أن تنتهي عاجلا أو آجلا وأنه إذا اريد لخضارة الانسان أن تستمر فلا بد من اكتشاف مصادر جديدة وبديلة للطاقة الحالية . والمراقب لمجريات الامور في السنوات الأخيرة يدرك أن الطاقة الشمسية هي الطاقة التي بدا الانسان يلجأ اليها فاخذ يهتم بابحاثها ويزيد من استغلالها لها سواء في التدفئة أو التبريد أو كقوة محركة للمضخات واصبحت بعض البيوت تصمم على اساس الاستفادة من الطاقة الشمسية .

والمملكة العربية السعودية من اغنى دول العالم في الطاقة الشمسية ان لم تكن اغناها فعلا ، وقد بدأت تهتم بابحاثها وتخطط لاستغلالها ولن يمضي وقت طويل باذن الله الا وتكون قد حققت نجاحا كبيرا في هذا المجال .



شكل ( ٤ )

منزلة الشمس في الحضارة المصرية القديمة  
تبين الصورة تخيل لوحة اثرية يبدو فيها الملك المصري  
القديم « توت عنخ آمون » جالسا على العرش وامامه الملكة  
« عنخ سن باتن » تفرهما بركات اله الشمس رع

كانت الطاقة دائماً سبيلاً للإنسان إلى أعظم أهدافه وإلى أحلامه لتحقيق عالم أفضل .  
ويقال أن أنسان الكهوف أنما بدأ مساره نحو المدنية بعد أن استخدم طاقة النار  
في الدفء والاستنواء . وطاقة جمعه عبر العوا والقوس طلباً للغذاء . والبناء . وعلى مدى  
القرون التالية كان معنى الإنسان من أجل بسطة العيش وثيق الارتباط بتسخيره أشكالاً  
متنوعة من الطاقة مثل تلك المستخدمة من الفحم والرياح ، أما في العصور الحديثة  
فقد طور الإنسان وسائل متزايدة التعقيد والفعالية لتفجير الطاقة سعياً وراء أهداف  
أشق . واليوم أصبح الوصول إلى القمر مستطاعاً بفضل تسخير الطاقة الكيميائية  
لدفن الصواريخ واستخدام الطاقة النووية في تسير الغوصات ويسير المركبات  
لاستكشاف الفضاء الخارجي وهو حالياً يستخدم أيضاً الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة  
لتسير هذه المركبات .

ولكن لنسائل ما تعريف الطاقة .-

تعرف الطاقة بأنها القدرة على بذل شغل . شغل .

### أشكال الطاقة

الطاقة متواجدة في أشكال عدة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية والطاقة  
الميكانيكية والطاقة الضوئية والطاقة الصوتية والطاقة الكيميائية والطاقة النووية  
والموجات الكهرومغناطية .

### مصادر الطاقة

من أهم الأشكال الموجودة مصادر للطاقة هي الفحم والبتروول والغاز الطبيعي وطاقة الرياح وطاقة  
المياه (الطاقة الهيدروليك) وطاقة موج البحر طاقة فرق درجات الحرارة بين سطح البحر  
واعماقه وطاقة بخار باطن الارض وكذلك الطاقة الشمسية .

++ \* تكنولوجيا الطاقة البديلة / د: سعود ابلو عياش

٥

فبراير شباط ١٩٨١ م / المجلس الولائي للثقافة والفنون والآداب



جميع مصادر الطاقة التقليدية يمكن اعتبارها مستمدة من الشمس فمن الثابت أن الشمس تلعب دورا رئيسيا فى تشكيل مصادر الطاقة التقليدية المعروفة بالطاقة التى يمكن توليدها من الرياح ومن حركة أمواج البحر ليست فى النهاية النتيجة لتأثيرات الشمس على الأرض مما يسبب حركة الرياح وأمواج البحر. كما أن النباتات فى عملية التمثيل الضوئى تثبت الطاقة الشمسية وتكون مواد كربوهيدراتية تخزن فى صورة الخشب والذى مع العصور الجيولوجية اختزن فى باطن الأرض وبفعل الضغط والحرارة تحول الى الفحم الجبرى. والانسان والحيوان يتغذيان على النبات وبفعل الضغط والحرارة واجسامهم العضوية عندما دفنت فى باطن الأرض تحللت وكونت البترول.

### الحاجة الى استغلال الطاقة الشمسية

مع زيادة السكان وزيادة اعتماد الانسان على الطاقة وزيادة استغلالها بمعدل ضخم متزايد وما صاحبها من ارتفاع فى أسعارها ادى الى ظهور ما يسمى بازمة الطاقة حيث يتخوف الانسان من احتمال نضوب المصادر التقليدية كما أن سعر الطاقة المستهلكة المتزايد يثقل كاهله.

لذا ينبه المتخصصون فى مجال الطاقة الى ضرورة التغلب والتعامل بذكاء مع المصادر التقليدية وضرورة البحث والاستقصاء والاستفادة من مصادر بديلة للطاقة. الا ان هناك مصادر للطاقة تبدو أنها غير قابلة للنضوب مثل طاقة الرياح وهى موجودة باستمرار وطاقة موج البحر وطاقة فرق درجات الحرارة ما بين سطح البحر واعماقه وقد بدأت الدراسات فعلا تستغل فرق درجات الحرارة ما بين سطح المحيط درجة حرارة اسخن من باطن أعماق المحيط وبالتالي فرق درجتين الحرارة سيكون فرق حرارى يمكن استغلاله.

والاستفادة من الطاقة الشمسية التى تصل الينا يوميا ( وليست الطاقة التى سبق أن اخترنت ) يعتبر الامل الذى يسعى الاناس لتحقيقه وذلك لان استغلالها على ما يبدو لا يتطلب تكنولوجيا معقدة عليه التقدم كما هى الحال فى استغلال الطاقة النووية على الأرض وكذلك لا ترتبط الطاقة الشمسية باى احتمالات تلوث للبيئة عند استخدامها ولكن يحد من القدرة على استغلال الطاقة الشمسية بشكل واسع ودائم هو عدم توافرها بنفس القدرة والشدة على مدار العام كما تختلف من بلد الى الآخر حسب موقعها الجغرافى

وكذلك تصل الى الارض بصورة ليست مركزة مما يتطلب معه تجهيزات قد تكون ذات حجم كبير  
فالمعدل السنوى لسقوط الطاقة الشمسية على سطح افقى مساحتة متر واحد مربع  
لا يزيد عن ٦٥ كيلو واط فى اليوم الواحد فى معظم المناطق وفى معظم المناطق خاصة  
البعيدة عن خط الاستواء فان هذا المعدل أقل من ذلك وعند الأخذ بالاعتبار أن يدرج

كفاءة استخدام الطاقة الشمسية فى التطبيقات المختلفة تتراوح فى العادة بين  
٢٠ ٪ - ٤٠ ٪ فان كمية الطاقة الممكنة الحصول عليها من المتر الواحد

المربع تتراوح بين ١ - ٢ كيلو واط فى اليوم .



## مصدر الطاقة في النجوم

من اهم المشاكل التي تواجه علماء العلوم الطبيعية هي معرفة مصدر الطاقة الهائلة المنبعثة من النجوم .

الشمس وهي نجم متواضع تبعث منها طاقة كهرومغناطيسية بمعدل حوالي  $(4 \times 10^{33})$  راج / ثانية وتدل الشهود والدلائل الفلكية على أن الشمس تشع هذا القدر من الطاقة وبنفس المعدل الحالي تقريبا منذو عدة بلايين من السنين .

ولايعقل أن تكون التفاعلات الكيميائية هي مصدر هذه الطاقة لانه حتي لو افترضنا أن الشمس كتلة من الكربون فان احتراقها الكامل كان يكفي لبعث منها هذا القدر الهائل من الطاقة على مدى لايتجاوز بضع الاقر من السنين ومصدر اخر محتمل هو تحويل طاقة الجاذبية الى طاقة حرارية

Energy is the conversion of gravitational energy into

heat energy

في عملية تشبه عملية توليد الطاقة الكهربائية من مساقط المياه كما هو الحال في محطات الهيدروكهربية لتوليد الكهرباء .

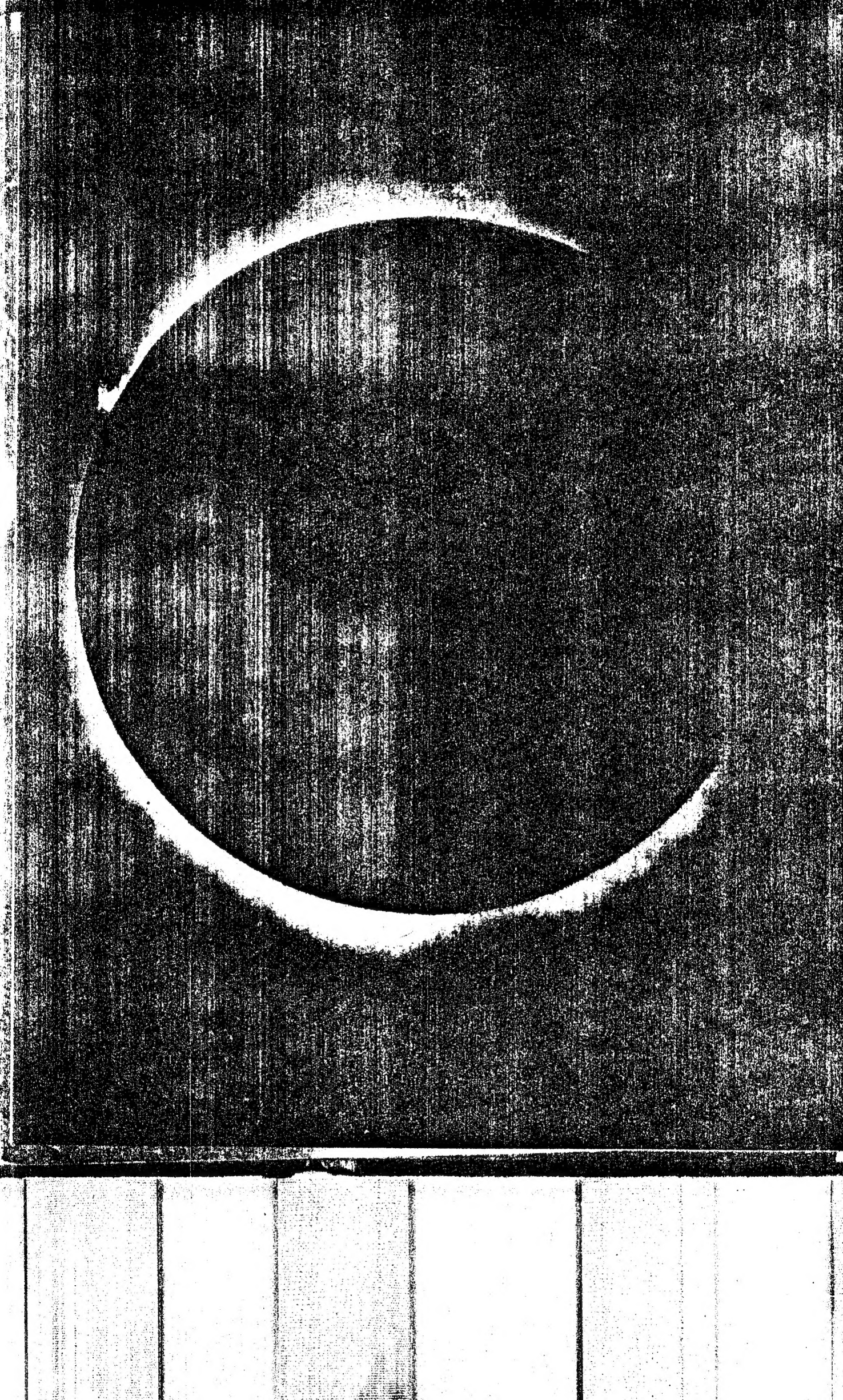
الا أنه يتضح أن تقلص الشمس اذا كان يحدث فعلا فان الطاقة المنبعثة لانزيد عن 1% من الطاقة الكلية المنبعثة حاليا واذا كان هذا هو المصدر الوحيد للطاقة في الشمس فان عمرها لم يكن ليزيد عن ٢٠ مليون سنة .

أن عدم استطاعة العلماء تفسير مصدر الطاقة من النجوم في ضوء امكانية المصادر الاخرى الهادية التقليدية للطاقة جعلهم يقترحون وجود تفاعلات نووية تحدث في النجوم وتكون مصدر لهذا القدر العظيم من الطاقة . فمن المعلوم أنه في التفاعلات النووية الطاردة للحرارة يتحرر قدر هائل من الطاقة أثناء التفاعل .

واذا تحول جرام واحد من المادة الي طاقة خلال التفاعلات النووية الطاردة للحرارة مثلا فانه تتحرر طاقة حوالي  $10^9$  أرج وحتى ولو افترضنا أن الجرام الواحد من الشمس عندما يشترك في تفاعلات نووية ينشاء عنه قدر ضئيل وليكن ٢ أرج / الثانية لكان هذا كافي لتمدنا الشمس بهذا القدر الهائل من الطاقة على مدى  $10^{11}$  سنة .

لذلك اعتبر العلماء أن التفاعلات النووية الطاردة للحرارة والمصدر المناسب لطاقة النجوم وتحولت المشكلة لايجاد التفاعلات النووية والتفاعلات النووية التي يمكن أن ينبعث عنها هذا المعدل الهائل من الطاقة المنبعثة .





من النجم تحت الظروف المختلفة من درجة الحرارة والكثافة داخل النجم والتي تتفق مع المعلومات المتاحة عن التركيب الكيميائي للنجم وتنقسم النجوم من حيث درجة لمعانها ووضوحها والطيف للأشعاعات المنبعثة عنها ولونها إذا سجل في رسم بياني فيتضح وجود أواخر عائلية حافلة بالدلائل بين النجوم . ففي الشكل ( ) وضعت النجوم الالامعة قرب اعلى المستطيل المقسم الى ألوان قوس قزح . وضعت النجوم المعتمة في اسفل المستطيل كذلك وضعت الزرقاء الساخنة الى اليسار والنجوم البيضاء والصفراء متوسطة السخونة في الوسط والنجوم الباردة الحمراء الى اليمين . ويسمى النجوم الزرقاء بالنجوم ( العادية ) التي تكون علاقة اللون واللمعان والحجم ملائمة للنجوم التي تتبع بصفة جيدة . ويتدرج في هذا الخط اكثر النجوم الموجودة في السماء وهو معروف للثقلين ( بخط التابع الرئيسي ) وهناك انواع شته من النجوم غير العادية فهناك اسرة تسمى ( بالعمالقة الحمراء ) وهي تعتبر عادية لان اعضائها يطلقون من الضوء اكثر كثيرا مما ينبغي لنجم احمر صغير ومعنى هذا أنها اكبر بكثير مما ينبغي لنجم احمر عادي ، ومكان هذا النجم في الرسم هو داخل القسم الاحمر الى اليمين وعلى علو مرتفع بقدر كاف حيث ان لمعانها يزيد على لمعان الشمس بمئة ضعف تقريبا .

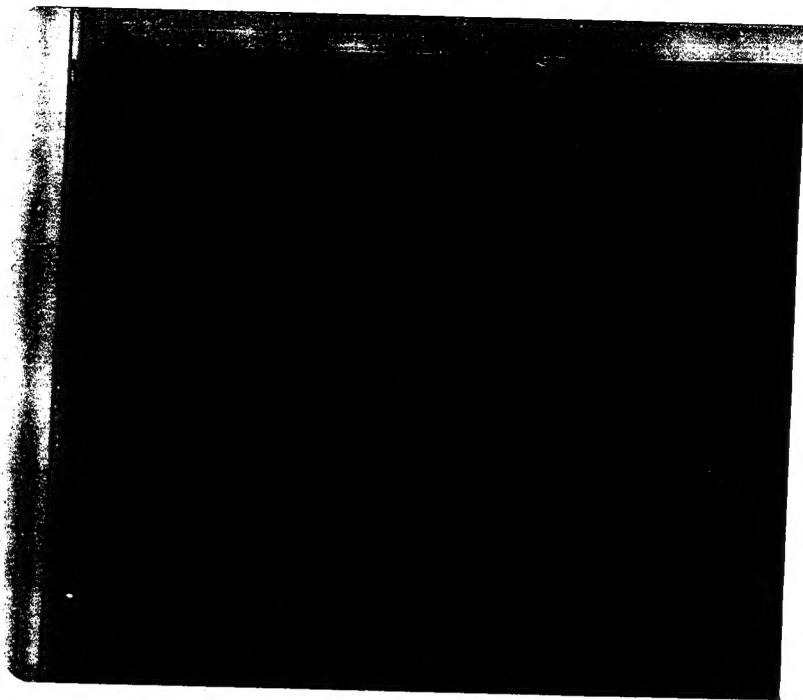
وهناك اسرة ذات ألوان متراوحة تتكون من نجوم اكثر لمعان ، أي ان حجمها لا بد أن يكون اكبر حتى من حجم العمالقة الحمراء . وتسمى هذه الاسرة ( بالعمالقة الكبرى ) ويلتني مكانها في اعلى الرسم البياني حيث انها جميعا ذات لمعان يزيد على لمعان الشمس بعشرة الاف الضعف وهناك اسرة أخيرة تتكون من نجوم صغيرة معتمة تعرف ( بالانزام البيضاء ) وهي ضئيلة الى درجة انها لا بد أن تكون حمراء . ومع ذلك فان اكثرها في الواقع ابيض أو اصفر وهذه النجوم نجوم منكشة . لان التفاعلات النووية التي كانت تتم في قلوبها قد توقفت ولما يعد فيها من الطاقة ما يلزم لمقاومة سحق الجاذبية وهي نجوم تحتضر وكثافتها شديده وسطوحها ساخنة بدرجة غير عادية لان حجمها الصغير يحد من مساحة السطح الذي يحدث منه الاشعاع .

أن الحقائق الطبقية تتعلق بدرجة حرارة الفعالة التي عندها يشع الطاقة ودرجة الحرارة الفعالة تعتبر مقياسا للاشعاع الكلي المبتعث من

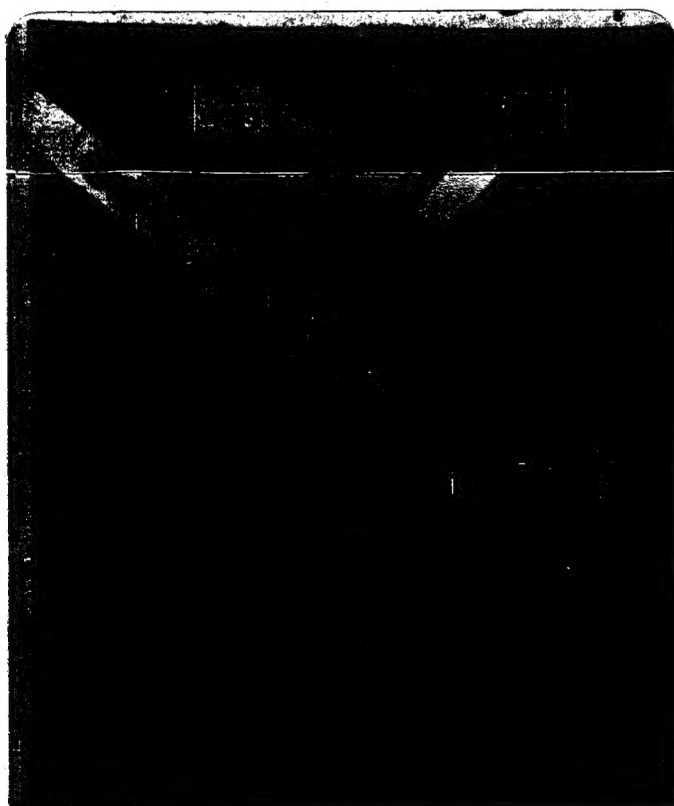
وحدة المساحات من النجم . effective temperature

الشمس تعتبر مثال لفئة من النجوم تعرف باسم نجوم التابع الرئيسي Main sequence stars درجة الحرارة الفعالة لسطح الشمس حوالي ٦٠٠٠ درجة مطلقة ٥٠٠٠ K 20x40 7 600 ٦٠٠٠ K ٢٠ مليون درجة مطلقة





شکل ( ٣ )



شکل ( ٤ )

التتابع الرئيسي لها درجة حرارة فعالة تتراوح من ٢٠٠٠ درجة مطلقا إلى ٥٠.٠٠٠ درجة مطلقا . وكثافتها تتراوح ما بين ١ وعشرة مرات كثافة الشمس وبالإضافة إلى نجوم التتابع الرئيسي توجد نجوم الأقزام البيضاء والعملاقة الحمراء Variables novae الأقزام البيضاء لها أكبر كثافة ممكنة فهي ١٠٠ ألف مرة مثل الشمس ولكنها تكون باهتة جداً فلها أقل درجة لمعان .

العملاقة الحمراء لها أقل كثافة وأعلى درجة لمعان . والنجوم ( المتغيرة

The variable stars

في درجة لمعانها ودرجة حرارة سطحها وهذه التغيرات قد تكون دورية أو غير منتظمة وأخيراً توجد نجوم النوبا أو فوق النوبا والتي تبدي زيادة كبيرة مفاجئة في درجة لمعانها  $\mu$ luminosity ويوجد تغير وتنوع كبير بالنسبة للظروف الداخلية بين الأنواع المختلفة من النجوم في درجة حرارتها وكثافتها والضغط - التركيب الكيميائي . ولذلك من الممكن أن يكون هناك أكثر من ميكانيكا ( mechanisms ) لتوليد الطاقة . عمليات نووية يمكن أن تحدث في أنواع مختلفة من النجوم . وهناك أكثر من سلسلة من التفاعلات التي يمكن أن تكون مسؤولة عن إنتاج الطاقة في النجوم والشمس تعتبر النجم الذي حضي بأكبر معرفة وبأكثر فهم من الإنسان . والطاقة المنتجة كما حصة في التفاعلات النووية المقترحة تتفق مع النتائج التي قدمتها لنا الأبحاث الفلكية .

ويمكن القول أولاً أن التفاعلات النووية الانشطارية للعناصر الثقيلة لا يمكن أن تمدنا بهذا القدر الهائل من الطاقة المنبعثة من الشمس لأن وفرة التركيز كمية هذه العناصر في الشمس قليلة جداً إلى الحد الذي لا يمكن معه أن يحقق معدل انبعاث للطاقة الشمسية المعروفة على مد عمرها المتعاطم . يمكن القول أولاً أن النشاط النووي للعناصر الثقيلة لا يمكن أن يكون مصدر لطاقة الشمس لأن هذه العناصر لا تتواجد بوفرة في الشمس وانهما تتواجد بنسبة ضئيلة جداً لا يفسر معها الطاقة الهائلة المنبعثة من الشمس وعلى هذا إلى السحيق من أعمرها بينما العناصر الخفيفة تتواجد بوفرة جداً في الشمس والهيدروجين والهيليوم معا تكون حوالي ٩٠ ٪ من الوزن من مادة الشمس .

ونسبة الهيدروجين تقريباً تساوي نسبة الهيليوم ومن التركيب الكيميائي يبدو على الأرجح أن العمليات النووية للشمس يجب أن يشترك فيها الهيدروجين والهيليوم والخصائص النووية لهذه العناصر تدعم هذه الفكرة . نفرض مثلاً أن ٤ بروتون يمكن أن تتحد لتكوين نوات هليوم

هذه العملية طاردة للطاقة ( exothermic ) كما يبدو من الحسابات الأتية x الكتلة الذرية لعدد ٤ ذرات هيدروجين ( ٤ نوى ) يساوي

4.13258 a.m.u

4.00387

0.02871 amu

كتلة ذرة الهيليوم نوات ذرة الهيليوم

26.7 mev

الفرق في الكتلة معبراً عنه بوحدة الطاقة يساوي الفرق في الكتلة يساوي

وهذا يساوي

$$42.7 \text{ meV} \times 10^{-6} \text{ erg}.$$

وعلى هذا حوالي  $10^{-5}$  أرج يمكن ان ينتج من احتراق كبروتون وحيث ان ١ جرام من مادة

الشمس يحتوي على  $2 \times 10^{23}$  بروتون فان مقدار الطاقة التي يمكن الحصول عليها سيكون

حوالي  $2 \times 10^{18} \text{ erg}$  وهذا القدر من الرتبة order التي يحتاج اليها لتغير مصدر طاقة

الشمس. أن امكانية ٤ بروتون لتكوين نوات هليوم تكاد تكون منعدمة لان احتمال مثل

هذا التفاعل النووي ضئيلة جدا في الظروف المعروفة في باطن الشمس ويبدو على الأرجح

أن بروتونات تشكل في نوات هليوم عن طريق سلسلة من التفاعلات النووية بمعنى أن يكون

لدينا دورة تفاعلات نووية تؤدي الى تكوين الهليوم cyclic nuclear reaction

أن معادلات التفاعل تعتمد على النوات الموجودة في وحدة الحجم وكذلك على درجة الحرارة

وكما ارتفعة درجة الحرارة كلما كانت الحركة الحرارية لدقائق أسرع. وكلما زاد

طاقة التصادم وازداد ترددها (عدد مرات التصادمات في الثانية) أن درجة حرارة

النجوم التي تتراوح بين عشرة وعشرين مليون  $\text{K}$  الطاقات الحركية المصاحبة

للحركة الحرارية هي في حدود  $1 \text{ Kev}$  بينما هي  $\frac{1}{40} \text{ ev}$  دقائق عند درجة حرارة الغرفة

room temperature كما ان النواة في الجزء الداخلي من الشمس يفترض ان سرعتها ت

تتوزع حسب توزيع مكسويل الاحصائي وطاقة كل منها تساوي  $kT$  وهي في حدود  $1 \text{ Kev}$

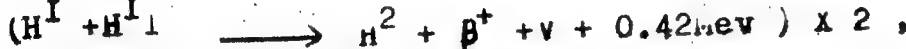
ثابت بلتزمان

ان التفاعلات التي تحدث في هذه الشروط تسمى تفاعلات نووية حرارية

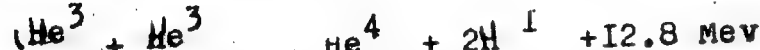
وهناك فئتان من هذه التفاعلات النووية الحرارية يقترح انها مصدر طاقة للشمس وطاقة باقي

النجوم في التابع الرئيسي احدى هذه الفئات هو ما يسمى سلسلة البروتون - بروتون

ويوضح فيما يلي :

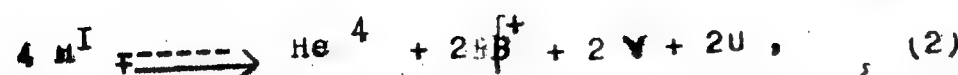


( I )



ولكي يتم التفاعل الثالث يجب ان يحدث كلا من التفاعل الاول والثاني مرتين وناتج هذه

التفاعلات تمثله المعادلة الاتية :



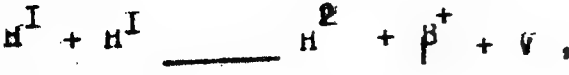
وكمية الطاقة الكلية التي تحرر أثناء هذه السلسلة من التفاعلات يساوي  $26.7 \text{ MeV}$

كما حسبنا سابقا فاذا طرحنا الطاقة الحركية للنيوترونات الناتجة فان الطاقة تكون

$26.2 \text{ MeV}$  اما البيزترونات المنبعثة فانها تتفاعل باحداها مع الالكترونات حرة

وينتج من هذه العملية اشعاعات جاما .

وهناك سلسلة اخرى هي سلسلة ( بروتون بروتون ) وتتكون من التفاعلات الاتية



شكل (٣ ب)

I



(أ)

دورة الكربون - يتروچين ينتج عنها من الأخرى تكون الهليوم والموت المهم للنجم الذي تحدث فيه . وهي تم في النجوم الساخنة التي تبلغ درجة حرارتها المركزية على الأقل ٣٠ مليون درجة مئوية . ولكن تكسر النواة لا بد لها من سبعة ملايين سنة بالمقارنة بسبعة آلاف مليون سنة للنواة الهيدروجين - بروتون الأكثر برودة .

بعد ٢,٥ مليون سنة يصدم بروتون من البروتونات ( انظر مفتاح الرموز في الصفحة المقابلة ) نواة كربون ( ١٢ ) . وتمتص نواة الكربون البروتون وتحوّله إلى نواة نيتروچين ١٣ ، وتنتج طاقة في شكل أشعة جاما . والنيتروچين ١٣ غير مستقر ، وهو يتحول بسرعة إلى كربون ١٢ وينتج عنه نيوترون واحد يطلق في الفضاء ، وبوزيترون واحد يقابل في النهاية إلكترونين ، وتنتج عنهما إلكترونين وإلكترونين إضافيين أحدهما الآخر على الفور .

خلال دقائق البشر التالية يصدم بروتون من البروتونات الكربون ١٢ الجديد ويحوّله إلى نيتروچين ١٤ الذي يبعث عنه شعاع جاما . وبعد أربعة ملايين سنة يصدم بروتون آخر للنيتروچين ١٤ ، ويحوّله إلى لوكسجين ١٥ يبعث عنه أيضاً شعاع من أشعة جاما . ويتحول الأوكسجين ١٥ غير المستقر إلى نيتروچين ١٥ في خلال دقائق ويصدم عنه في نفس الوقت نيوترون واحد لا يلبث أن يضيع في الفضاء ، وبوزيترون واحد يلتقي ثانية بالإلكترون فينتج أحدهما الآخر .

وبعد حوالي ٢٠ سنة يصدم أحدهم البروتونات النيتروچين ١٥ فينتج عنه نواة واحدة من الهليوم ونواة واحدة من الكربون ١٢ ، وتكون هذه الأخيرة حرة لبدء الدورة من جديد .



(ب)

دورة البروتون - بروتون هي التفاعل النووي الذي يحل الشمس قوتها . وتقتصر هذه الدورة على النجوم الهائلة نسبياً ، وبصفة خاصة الهائلة الحمراء بدرجات حرارة مركزية تتراوح بين مليون وعشرة ملايين درجة مئوية . أما النجوم التي تزيد حرارتها عن ذلك ( الصفحة المقابلة ) ، فتم تفاعلاتها بصورة مختلفة . ونوى الهيدروجين التي تفقد استقرارها بفعل الحرارة والضغط في دورة البروتون - بروتون تتحول إلى هليوم مركز وإلى طاقة . وكان يمكن أن تكون الدورة بسيطة بشكل خيال ، لو أن عدد الذرات الداخلة في هذه العملية كان قليلاً ، ولكن للذرات في الشمس كثيرة إلى درجة تجعل النشاط مستمراً وواسع النطاق بدرجة هائلة .

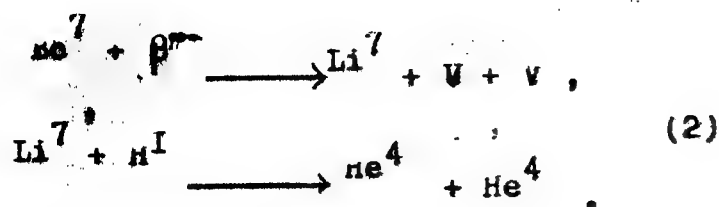
تبدأ الدورة بالنسبة لأي بروتون حين يصدم مع بروتون آخر ، وهو أمر يحدث كل ٧٠٠ مليون سنة . وينتج من هذا التصادم ديتريوم ونيترون يطلق في الفضاء ، وبوزيترون لا يلبث أن يقضى على إلكترون ثالث .

وبعد ثوان قليلة تصطدم نواة الديتريوم بروتون آخر ، وينشأ عن هذا التصادم نواة من الهليوم ٣ وانفجار لأشعة جاما ( الأسهم المقسومة ) .

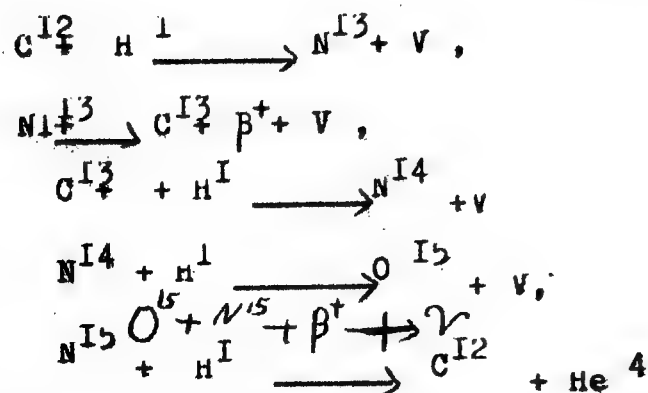
بعد ١٠٠٠٠٠ سنة تصطدم نواة الهليوم ٣ بنواة هليوم ٤ أخرى ، وينتج من هذا التصادم نواة من الهليوم الخامس وبروتونان . وهذا البروتونان يستطيعان الآن أن يبدأ دورة البروتون - بروتون من جديد .

مفتاح الرموز

- بروتون : جميع كير موجب الشحنة
- إلكترون : جميع شليل سالب الشحنة
- نيترون : جميع شليل موجب الشحنة
- نيترون : جميع شليل لا شحنة له
- نواة الهليوم : جميع كير موجب الشحنة



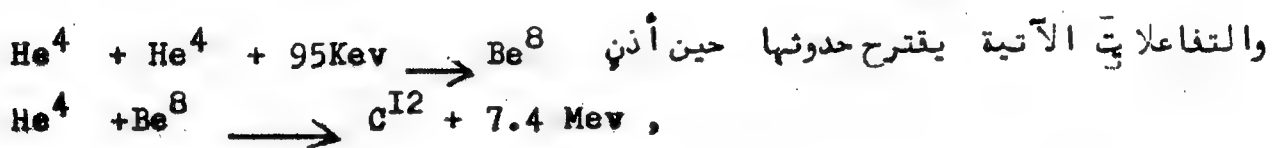
ويعني ان السلسلة الاولى ( 1 ) تكون هي الاساس عند درجات الحرارة المنخفضة وهذا يقابل الدرجات في الشمس عند بدء تكوينها اما السلسلة ( 1 ) فهي الاساس والاكثر اهمية في الشمس وفي حالتها الحاضرة حيث تكون درجات حرارة الجزء المركزي اعلا كما ان تركيز الهليوم  $\text{He}^4$  لان فيها اكبر انتاج نوات هليوم من بروتونات هو مثال لعملية تسمى الاندماج النووي والتي فيها ينتج عنصر ثقيل من واحد أو اكثر من العناصر الاخف منه وعندما تحدث عملية الاندماج بين العناصر خفيفة فان الطاقة عادة تتحرر لان كتلة النواة الناتجة تكون اقل من مجموع النوى المندمجة وهناك فئة اخرى من التفاعلات والتي تعرف باسم دورة ( كربين - بيتروجين ) والتي افترضها العالم ( بيث Bethe ) يفسر انتاج الطاقة في الشمس وغيرها من نجوم التتابع الرئيسي ولقد بيث ( Bethe ) ان تفاعلات التي تبدأ بعناصر  $\text{Li}, \text{Be}, \text{B}, \text{C}, \text{N}, \text{O}, \text{F}$  ليثيم وبريليوم - برون - كربين - نيتروجين - وفلورين : ولها متوسط زمني ل تفاعلات يقل عن  $10^9 \text{ years}$  ويجب استعادته بينما المعدلات لانتاج الطاقة المحسوبة والتي تنتج عن الاكسجين - النيون - المغنيزيوم  $\text{O}, \text{Ne}, \text{Mg}$  وغيرها من العناصر الخفيفة تكون صغيرة جدا و لكن التفاعلات التي يشترك فيها الكربون والنتروجين وجد ان لها خاصية هامة بمقتضاها يمكن ان يشترك في دورة تفاعلات ولكن يعاد ظهوره اثنائها مرة اخرى وكتان نوى هذين العنصرين لم يستخدم فيها بمعنى انه يعاد تولده خلال دورة التي اشترك فيها هذه النوى تعمل في هذه الحالة كعائل مساعد catalysts في سلسلة من التفاعلات التي يتحول 4 بروتون الى نوات هليوم مع تحرر طاقة مقدارها 26Mev وتتابع هذه التفاعلات كالآتي :





أن المتوسط عمر الهيدروجين في الدورة ككل يتغير بسرعة بتغير درجة الحرارة ولكنه في المدى الصحيح للشمس وغيرها من النجوم التابع الرئيسي .  
ولسنوات عدة كانت يعتقد أن دورة (الكربون - نيتروجين) (C-N) هي المسئولة تقريبا عن انتاج الطاقة في النجوم جميعا . . ولكن بسبب ماتم الحصول عليه من نتائج في الطبيعة النووية فان سلسلة البروتون هي الآن التي تعتبر الأكثر أهمية في الشمس عن دورة الكربون انظر الشكل (٢٠)

ويظن ان دورة الكربون ينتج عنه طاقة أكثر في نجوم التتابع الرئيسي التي تكون أكثر لمعاناً من الشمس وفي تلك النجوم التي تكون درجة الحرارة المركزية أعلى منها في الشمس بينما سلسلة البروتون هي الأكثر أهمية في نجوم التتابع الرئيسي الأقل لمعاناً من الشمس تفاعلات أخرى نووية يقترح انها مصدر الطاقة في النجوم التي تختلف كثير عن الشمس ومن المحتمل وجود نجوم تشبه الشمس الا انها تمتاز بدرجة لمعان عالية ومعدل تحويل الهيدروجين الي هليوم كبير الي المخرجة انها تكون الآن قد استنفذت الاحتياطي لديها من الهيدروجين . نجوم من هذا النوع يتوقع ان يحدث لها انكماش بسبب الجاذبية حتي تصبح كثافتها المركزية ودرجة حرارتها عظيمة جدا قد تصل الي (  $T = 2 \times 10^8 \text{ } ^\circ\text{K}$  )  
200 مليون درجة مطلقه  $T = 200 \times 10^6 \text{ } ^\circ\text{K}$



عندما تنتج نواة كربون  $\text{C}^{12}$  يمكنها أن تشارك في التفاعلات نووية آخر (X و Y) مع نواة أكسجين ( $\text{O}^{16}$ ) وحوالي (7 Mev) طاقة . . وهكذا وبهذه الطريقة فان التفاعلات الاندماجية بين نوى الثقل من الهاليوم يمكن أن ينتج عنها طاقة في بعض النجوم .

\*\*\*\*\*

NUCLEAR Physics / irving K aplan

SECOND EDITION

p.p ٦٦٦-٦٧٠

الكون / بقلم دافيد برجا ميني

التعريب : دار الترجمة والنشر لشتون البترو

لايف - المكتبة العلمية

## اقدار النجوم

تفاوت درجة لمعان النجوم في السماء للناظر اليها من الأرض، ولأن عامل البعد عن الكواكب الأرض يؤثر في درجة هذا اللمعان، فالنجوم القريبة منا ربما تبدو أكثر لمعانا من البعيدة عنا . وعلى العكس، فالنجوم البعيدة يظف لمعانها لكبر المسافة بيننا وبينها - وقد اتفق العلماء على تسمية بريق النجوم أو شدة لمعانها باقدار النجوم وقد قسموا النجوم التي يمكن رؤيتها سواء بالعين المجردة أو بالتلسكوب الى ٣٣ قدرا، ونحن لانستطيع أن نرى بالعين المجردة إلا النجوم التي تنتمي الى القدر السادس فقط . فاعل النجوم خفوتها - والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة تعتبر من القدر السادس، أما التي من القدر الخامس فتزيد لمعانها عنها بمرتين ونصف تقريبا ، والتي من القدر الرابع أحد لمعانا من سابقتها لي القدر بمرتين ونصف أيضا وهكذا .

وبذلك يمكن تقسيم اقدار النجوم على النحو التالي :

قدر النجم	نسبة اللمعان
القدر الاول	١٠٠ ر ٤٠٠
القدر الثاني	١٨٠ ر ٣٩
القدر الثالث	٨٥ ر ١٥
القدر الرابع	٢١ ر ٦
القدر الخامس	٥١ ر ٢
القدر السادس	١٠٠ ر ١

ويتضح من هذا الجدول أن النجوم التي من قدر معين، تزيد لمعانا عن النجوم في القدر الذي التالي بحوالي ٢٥ مرة . فنجوم القدر الاول تزيد ١٠٠ مرة في اللمعان عن نجوم القدر السادس، أي أنه كلما قل القدر زاد اللمعان

انظر الصورة رقم ( )

نفس المرجع السابق

والنجوم بوجه عام ليست متماثلها

ولذلك قسمت الى عدة أنواع منها :-

#### Super Giants

#### (١) النجوم فوق العملاقة

ويطلق عليها الفلكيون اسم (العملاقة العليا) أو (المردة الكبرى) وهي اكبر النجوم حجما كما انها اكبر الوحدات الكونية المفردة المعروفة لنا حتى الوقت الحاضر ، وهي حمراء اللون وتعتبر من اقل النجوم حرارة بوجه عام ، وبعضها يتسع في حجمه بحيث يستطيع أن يحتوي في باطنه على أكثر من ٣٠ مليون نجم في حجم الشمس ، والتي تتسع بدورها لأكثر من مليون كوكب مثل كوكب الأرض - ويزيد ضوء بعض النجوم فوق العملاقة آلاف المرات على ضوء الشمس ، ويبلغ قطر البعض منها ستة آلاف مليون كيل (متر) ، ومن أمثلة هذا النوع من النجوم أبسط الجوزاء .

#### Giants

#### (٢) النجوم العملاقة

وهي اقل الحجوم من النوع السابق ، كما انها حمراء مثلها ولذلك كثيرا ما يطلق عليها اسم العملاقة الحمر Red giants (المردة الحمر) ، ويبلغ متوسط أقطارها نحو ٢٩ مليون كيلو متر ومن أمثلتها نجم العبوق .

#### main Sequence

#### (٣) نجوم التتابع الرئيسي

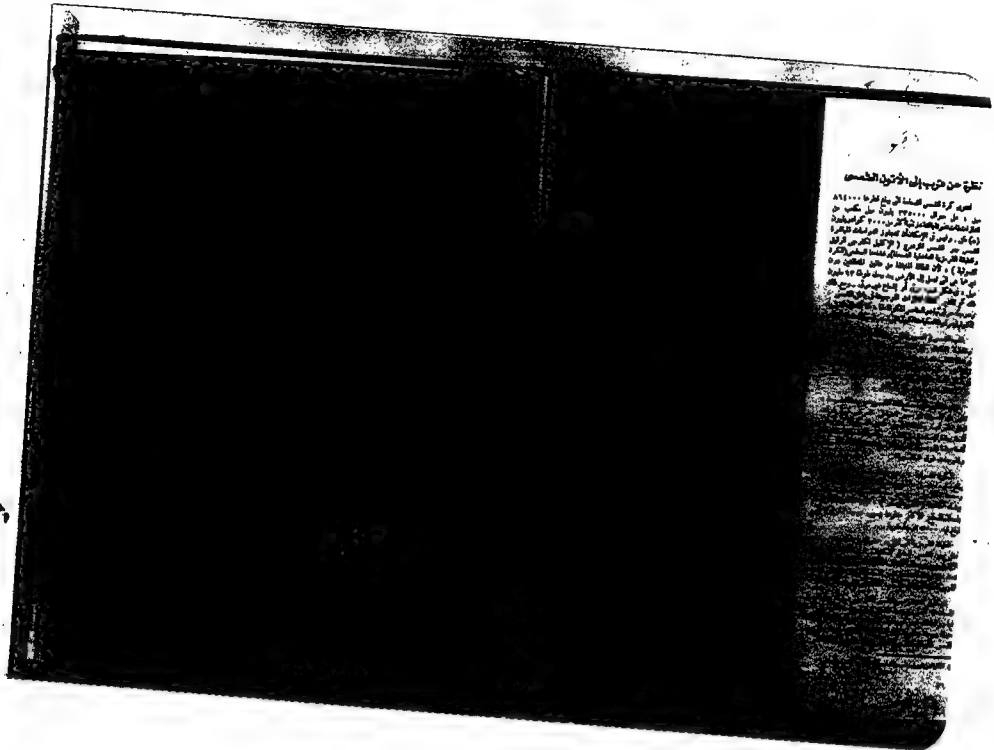
وهي تسمى أيضا النجوم المتوسطة أ (و نجوم المنظومة الرئيسية) ، وهي اقل حجما من العملاقة الحمر ، ومنها نجما الشمس ، وهي نجوم متقاربة في صفاتها من حيث اللون واللمعان والحجم وهذه المجموعة من النجوم تكون الأغلبية العظمى في السماء ، اذ تبلغ حوالي ٨٠ ٪ من مجموع الحجوم كلها ، واذا اخذنا شمسا مثالا لهذه الطائفة من النجوم ، استدلنا أن نقول أن أقطارها تبلغ حوالي مليون و ٤٦٩ ألف كيلو متر في المتوسط . انظر الصورة

#### Dwarfs

#### (٤) النجوم الأقزام

وتسمى غالبا الأقزام البيضاء White Dwarfs ، وهي أصغر النجوم حجما وأكثرها كثافة ، ولا تتجاوز أقطار بعضها بعضا ٦ آلاف كيلو متر ، ولكن العجيب في أمرها أن كتلتها مركزة تركيزا هائلا ، وأن كثافتها تقدر بمليون مرة قدر كثافة الماء ، ومن أمثلتها نجم الشعرى اليمانية ب .

الكون / بقلم : دافيد برجل ميني  
التعريب : دار الترجمة والنشر لشئون البترول  
الإيف المكتبة العلمية



شکل ( ٦ )

بسم الله الرحمن الرحيم

الشمس كنجم :-

أن شمسنا هي في حقيقتها نجم وان كان نجم ضئيل الحجم ان كتلة الشمس أكبر من الأرض ٣٣٣٠٠٠ مرة وتزن الشمس نحو  $2 \times 10^{30} \times 110 \times 110$  طن ويعادل حوالي ٨٧.٩٩٪ من مجمل كتلة النظام الشمسي باجمعها ويبلغ قطر الشمس حوالي ١.٤ مليون كيلو متر .

اما المسافة بين الأرض والشمس فتبلغ حوالي ١٥٠ مليون كيلومتر وتبلغ درجة حرارة الشمس في مركزها حوالي ٢٠ مليون درجة كلفن اما درجة حرارة الطبقة الخارجية فتبلغ ١١ ألف درجة كلفن ولا تكون درجة حرارة الطبقة الخارجية متجانسة فلو نظرنا الى توزيع درجة حرارة قرص الشمس تبين ان درجة حرارة مركز القرص تبلغ حوالي ٦٨٠٠ درجة كلفن بينما تصل على الأرقام الى حوالي ٥١٠٠ درجة كلفن . وتعتبر طبقة الفوتوسفير مصدر الاشعاع الرئيسي من الشمس وتبلغ درجة حرارتها حوالي ٦ آلاف درجة كلفن ، تشع الشمس لاققتها بمعدل  $3.8 \times 10^{23}$  كيلو وات تستقبل الأرض منها حوالي  $1.8 \times 10^{14}$  كيلووات ( انظر الشكل المرفق )

ولو كانت الأرض تزن مجرد اوقية واحدة لكانت الشمس اكثر من عشرة أطنان ونحن ندرك الشمس لانها تضيئ . ويقطع نور الشمس ٨ مليون ميل عبر الفضاء في اكثر بقليل من ثمانين دقائق لانه اشعاع كهرومغناطيسي يسير بسرعة الضوء ويشغل معظم هذا الاشعاع مساحة من الطيف يتراوح طولها الموجي من ٢٥ ر . ميكرون حتى ٣ ميكرون . ويقطع ٩٪ منه في المنطقة المنتهية القصر وغير المتداورة الخاصة بالاشعاع فوق البنفسجي . ويشكل ٤٠٪ منه الضوء المنظور الذي نستفيد منه في الرؤيا ، ويمثل الباقي وهو ٥١٪ الأشعة تحت الحمراء او الموجات الطولية ( تعتبر الأشعة تحت الحمراء السبب في حرارة الشمس ) ( انظر الشكل المرفق ) (٦)

أن تحول الايدرجين الى هيلوم الذي به تعمل الشمس باستمرار على تحويل مادتها الى طاقة مشعة يتم عند درجة حرارة تقديرية مقدارها ٣٠ مليون درجة فهرنهايت . وان هذا ابعد في شدة الحرارة من ان يسمى احتراقا او اي تفاعل اخر مألوف لنا . ومن المعتقد ان هالة الشمس تصل الى درجة حرارة الى نحو مليونين من الدرجات الفهرنيتية ( انظر الصورة ) (١)

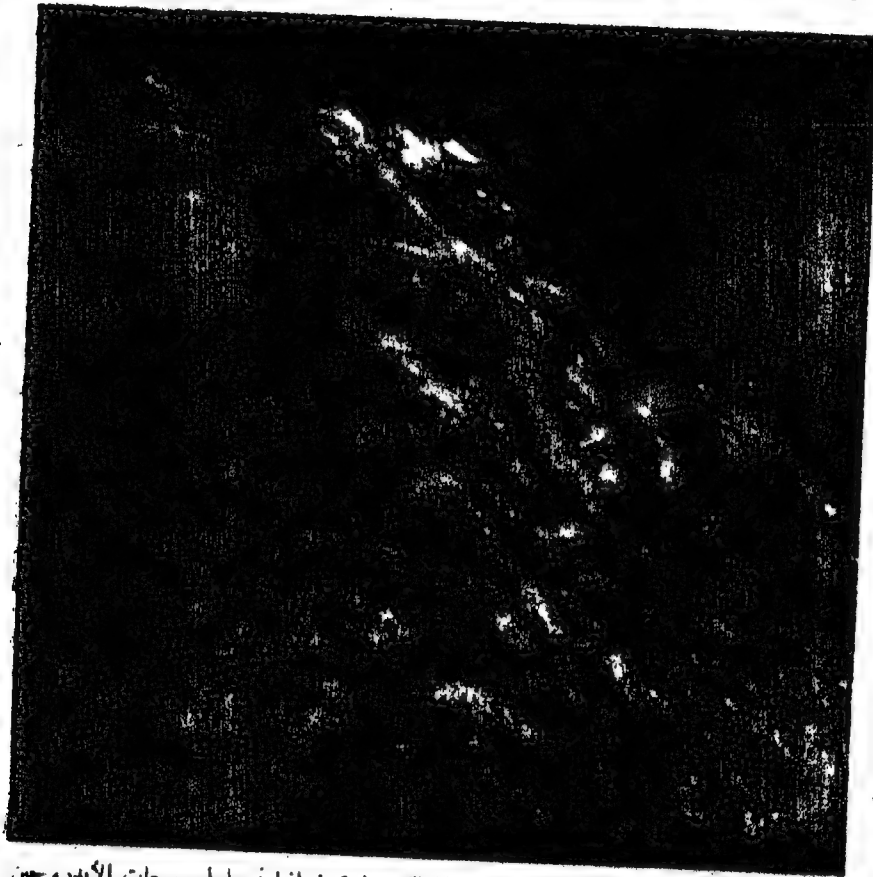
يستهلك جسيم من الامواج الذي يتم داخل الشمس ١٤٠ تريليون طن من كتلتها كل عام مما ينتج عنها ثلث الكمية المحسوسة من الطاقة الشمسية التي تصطدم بالأرض ويقدر مقدار الطاقة الشمسية المتوسطة التي تصل الى الغلاف الجوي للأرض من الشمس باثنين من السرعات لكل سم<sup>٢</sup> لكل دقيقة وهما يعرفان بـ ثابت الشمسي .



## الغاب نارية في جوال الشمس

يتكون سطح الشمس من كتلة مضطربة من الغازات الساخنة والجسيمات تحت اللرية .  
ويزيد متوسط درجة حرارته على ٥٠٠٠ درجة مئوية . وتمزق الشمس دوامات مروعة  
تحدث في جوفها ، وتنفور هذه الدوامات إلى أعلى ، وتظهر على شكل بقع شمسية . كما  
نسب الانفجارات الشاهقة التي تعرف بالتواءات . وتتخذ التواءات صوراً عدة ، وأصغرها  
التي تسمى بالأشواك ، لاتدوم أكثر من خمس دقائق تقريباً ، ولا يزيد ارتفاعها على آلاف  
قابلة من الكيلو مترات . وهي كثيرة للدرجة أن المرء إذا نظر في أى وقت من الأوقات  
إلى الشمس ، وجد منها ما لا يقل عن ٢٠٠٠٠ تواء . وأروع من هذه بكثير أشكال باهرة  
أخرى تسمى الحلقات والأقواس ، وقد تصعد هذه الأشكال إلى ارتفاع نصف مليون  
ميل أو أكثر ، وقد تدوم أربع ساعات .

ولا يعرف عن هذه التواءات إلا القليل . رغم أن المعتقد أنها انفجارات لغاز شديد  
الحرارة جداً ، ينطلق إلى أعلى كموجات صادمة تنشأ بالنفخ من جوف الشمس . وبعض  
التواءات يمكن رؤيته وهو يرتفع في الجو . ويبدو بعضها الآخر وهو يشتمل غالباً ثم يعود  
ملتبهاً في اتجاه الشمس . وكثير من التواءات مرتبط بالبقع الشمسية وبعضها - بطريقة  
لا يمكن تفسيرها - لا صلة لها بها .



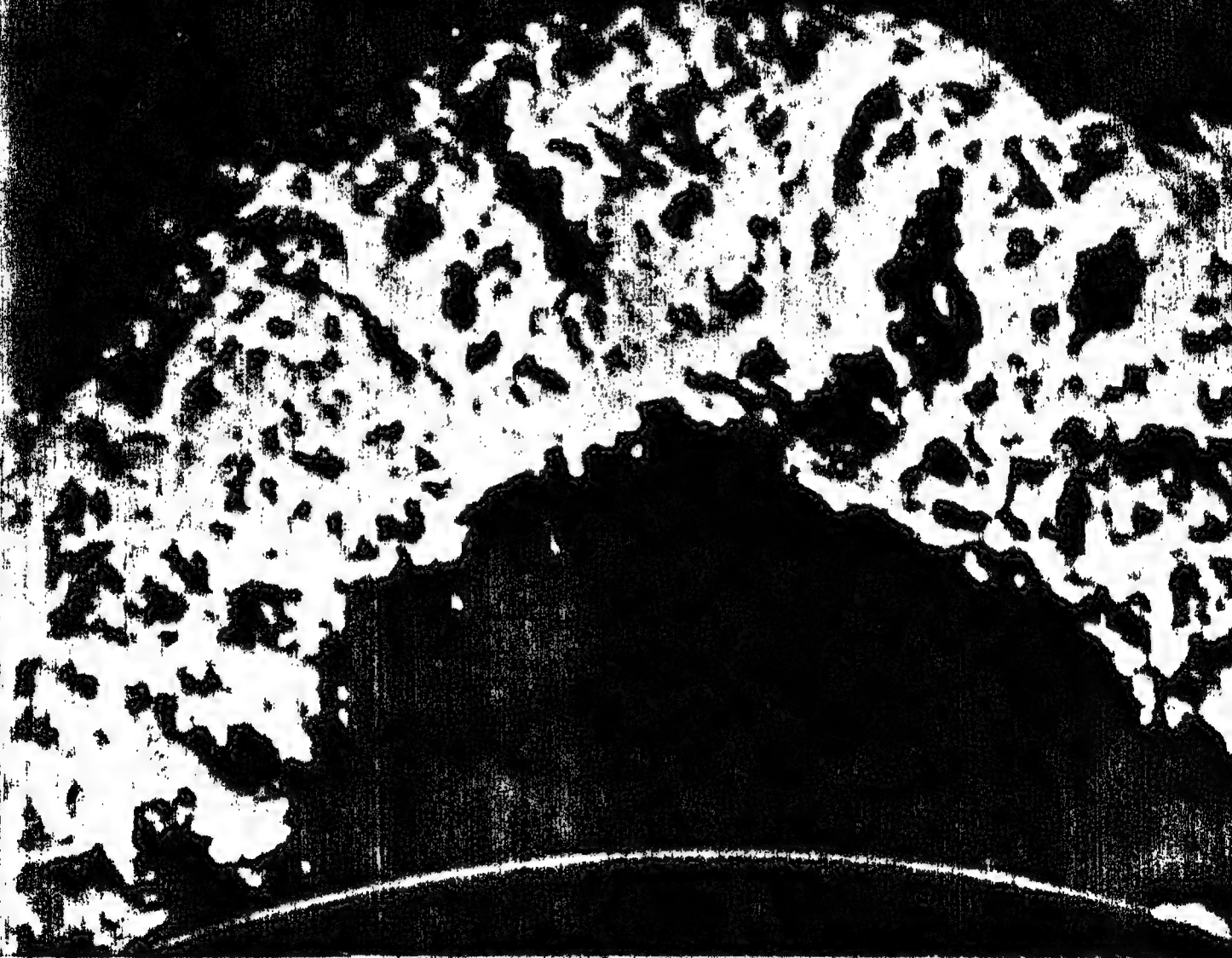
سطح الشمس المضطرب، وقد تم تصوير هذا اللوح فوتوغرافيا في طول موجات الأيدروجين  
الحمراء في مرصد مونت ويلسون عام ١٩١٥ . وتسمى الفيلتان الشريطيتان الداكنتان بالنقطتين،  
وهما إذا نظر إليهما من الجانب ( الصورة إلى اليمين ) تبدوان كنتوءات شمسية .

قوس متفجرة ، وهي واحدة من أكبر الانفجارات الشمسية التي سجلت في أى وقت من  
الأوقات ، تم تصويرها ( إلى اليمين ) في يونيو (حزيران) سنة ١٩٤٦ ، بعد أن كان قد مر  
على حدوده ساعة ، وقد ظلت هذه القوس مرئية أكثر من ساعتين ، واستدت إلى قرابة مليون ميل  
في الفضاء قبل أن تختفي .



الفوتوغرافية في مرصد جامعة كولورادو .  
ويبلغ ارتفاع أكبر التوربين ٢٥٠٠٠٠ ميل .

نتوء حلق ارتفاعه ١٠٠٠٠٠ ميل ، تم تصويره من مرصد قمة جبل سكرامنتو . وبين المعروف أن  
هذا النوع من التورينات مرتبط ببقع الشمس . وقد تنبأ تقوساته السلسلة بطريقة مرقية بتطور القوة  
المغناطيسية غير المرئية ، التي تصاحب هذه العلامات العابرة على سطح الشمس .



## الثابت الشمسي

يعرف الثابت الشمسي بأنه كمية الطاقة الساقطة في وحدة الزمن على وحدة مساحة متعامدة مع الشعاع الشمسي وواقعة على الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية ويمكن حساب قيمة الثابت الشمسي وذلك باعتبار الشمس جسماً أسود على درجة حرارة ٦ آلاف درجة كالفن ونتيجة لهذه الحسابات ينتج أن قيمة الثابت الشمسي تبلغ ١٦٠٠ واط على المتر المربع ، غير أن القياسات العملية التي أجريت بواسطة المركبات الفضائية تعطى قيمة أقل من تلك القيمة الحسابية إذ تبلغ القيمة العملية ١٣٥٣ واط على المتر المربع ويعزى الفرق بين القيمتين إلى أن القيمة النظرية تقوم على اعتبار الشمس جسماً أسود ذا درجة حرارة متجانسة بينما هي في الواقع غير ذلك .

وتتغير قيمة الثابت الشمسي حسب المسافة بين الأرض والشمس كما هو معلوم يتخذ مدار الأرض حول الشمس شكلاً بيضياً مما يؤدي إلى تغير المسافة بينهما تبلغ المسافة بين الأرض والشمس حوالي ١٤٧ مليون كيلو وشر ، وأما في أوائل يوليو فإنها تبلغ حوالي ١٥٢ مليون كيلو متر ونتيجة لذلك فإن قيمة الثابت الشمسي تتغير بحوالي ٣٥% ما بين أوائل يناير وأوائل يوليو حيث تكون قيمة الثابت الشمسي أعلى في أوائل يناير عن معدلها الوسطى ١٣٥٣ واط على المتر المربع ويطلق على النقطة التي تكون فيها الشمس قريبة من الأرض نقطة الرأس (الحضيض Perihelion) والنقطة التي فيها البعيدة عن الشمس نقطة

\*\*\*

(الذنب (الأوج Aphelion)

\*\*\* الشمي في حياة الانسان / د/ طه عثمان الفرا \*  
أ / محمد محمود محمدين

مكتبة دارالعلوم / الرياض — ١٧

إذا اعتبرناه أن الشمس جسم أسود فإن درجة حرارة سطحها المنظور يمكن استنتاجها باستخدام قانون ( ستيفان ) كالآتي :-

إذا كانت ( R ) هي نصف قطر الشمس ( T ) درجة الحرارة المطلقة لسطحها فإن الطاقة الحرارية التي يفقدها السطح في الثانية :

$$4\pi R^2 \sigma T^4 \text{ watt}$$

وإذا كانت ( X ) هي البعد بين الشمس والأرض فإن هذه الطاقة تتوزع على سطح كرة نصف قطرها ( X ) على مساحة (  $4\pi X^2$  )

أي أن الطاقة الساقطة على ( ١ م<sup>٢</sup> ) من الأرض في الثانية الواحد هي

$$S = 4\pi R^2 \sigma T^4 / 4\pi X^2 \text{ WM}^{-2}$$

وتسمى ( S ) بالثابت الشمسي ( Solar Constant ) ويمكن قياسه بتجميع

أشعة الشمس داخل غلاف أسود من ثقب صغير في الغلاف ومعلوم مساحته

تقاس كمية الحرارة المكتسبة بوضع هذا الغلاف في مسعر له مكافئ مائي معلوم

وقد وجد أن ( S ) لها قيمة متوسطة تساوي (  $1350 \text{ WM}^{-2}$  ) أي أن الأرض

تستقبل في المتوسط ١٣٥٠ جول / م<sup>٢</sup> في الثانية . هذه القيمة تتغير مع البقع

الشمسية ( انظر شكل ) في دورة قدرها ١١ سنة . بالتعويض في المعادلة

السابقة باعتبار أن :

$$R = 6.93 \times 10^8 \text{ M}$$

$$X = 14.94 \times 10^{10} \text{ M}$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ WM}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$1350 = (6.93 \times 10^8)^2 \times 5.67 \times 10^{-8} \times T^4$$

$$(14.94 \times 10^{10})^2$$

$$T = 5770 \text{ } ^\circ\text{K}$$

هذه النتيجة أقل من الحقيقة لأن الشمس لا تشع كجسم سود مثالي . لذا يجب أن

تكون درجة حرارتها أعلى من هذا بكثير ومن المعروف أن الشمس تستمد حرارتها

من التفاعلات النووية التي تنشا بداخلها . وعلى هذا الأساس تكمن جينز ( Jeans )

من حساب درجة حرارة باطن الشمس وقدرها بحوالي ١٠<sup>٧</sup> درجة مطلقة .

باستخدام قيمة الثابت الشمسي يمكن البرهنة أن نصيب الكرة الأرضية من الطاقة الشمسية

مقدار كبير جداً هو ٣٣٠ مليون حان في الثانية . أما إنتاج الشمس من الطاقة

فهو ٢٠٠ مليون مرة أو ما يعادل  $4 \times 10^{31}$  حان في الثانية .

$$\lambda_m T = 0.00293 \text{ MK}$$

وبمعلومية أن طول الموجة لأقصى طاقة في الإشعاع الشمسي هي :

$$(49 \times 10^{-8} \text{ m})$$

فمن المعادلة السابقة

$$49 \times 10^{-8} T = 0.00293$$

$$\therefore T = 5970 \text{ K}$$

وبلاحظ أن هذه القيمة تتفق إلى حد ما مع القيمة المحسوبة باستخدام معادلة ستيفان .

\*\*\*  
ان القيمة المتوسطة للثابت الشمسي هي ٣٩٥ ر ١ كيلو واط لكل متر مربع ويبلغ المجموع الكلي للأشعة الساقطة على الأرض ٣ ر ١٧١٠ واط علما بأن مساحة الأرض هي ٢٧٥ ر ١٠ × ١٤١٠ متر مربع . ويقدر ذلك المجموع بنحو ١٧٣ تريليون كيلو واط أو ما يعادل ٢٣٢ تريليون حصان ميكانيكي .  
ان نحو ٣٠ ٪ من الطاقة الشمسية التي تصدم الغلاف الجوي للأرض يترد في الحال ثانية إلى الفضاء على هيئة اشعاعات موجية قصيرة .

ويعتص الغلاف الجوي واليابسة والمحيطات نحو ٤٧ ٪ من الطاقة الشمسية لتسهم بها في درجة حرارة البيئة . وان حوالي ٢٣ ٪ من الطاقة الشمسية يستخدم في عمليات البخر والحمل والترسيب في الدورة المائية للأرض . ويستغل ١ ٪ من الطاقة الكلية للشمس في حركة الهواء ودورة المحيطات ، وتتبدد هذه النسبة في صورة حرارة بفعل الاحتكاك وهناك كمية أصغر من ذلك تقدر بنحو ٤٠ بليون كيلو واط تتحول إلى طاقة نباتية في كلوروفيل الأوراق الخضراء .

(١) الحرارة د/ابراهيم ابراهيم شريف

الطبعة العاشرة / ١٩٧٨

ص ٢٢٢ - ٢٢٤

دار المعارف

(٢) استغلال الطاقة الشمسية / دانيال س . هاشي

ترجمة / زكريا أحمد البراعى

مكتبة الوعي العربى

ص ٢٤٥ - ٢٥

١٩٨٠



عبارة عن موجات كهرو مغناطيسية. تتراوح أطوالها ما بين ١١ ميكرون الى ٤ ميكروثبات . والواقع أن الاشعاع الشمسي يحوي على موجات أطول غير أن كمية الطاقة فيها قليلة ولا تتجاوز ١ ٪ من مجمل طاقة الطيف الشمسي .

وينقسم الطيف الشمسي الي ثلاث مناطق

منطقة الاشعة فوق البنفسجية ومنطقة الاشعة تحت الحمراء ومنطقة الاشعة المرئية .

وتغطي الاشعة البنفسجية ذلك الجزء من الطيف الشمسي الذي يحوي الاشعة ذات الموجات القصيرة حتى طول ٠.٤ ميكرون ، واما الاشعة المرئية فتغطي أطوال الموجات في المجال ٠.٤ - ٠.٧٥ ميكرون واما بالنسبة للاشعة تحت الحمراء فهي تغطي ذلك الجزء من الطيف حيث تزيد طول الموجات عن ٠.٧٥ ميكرون .

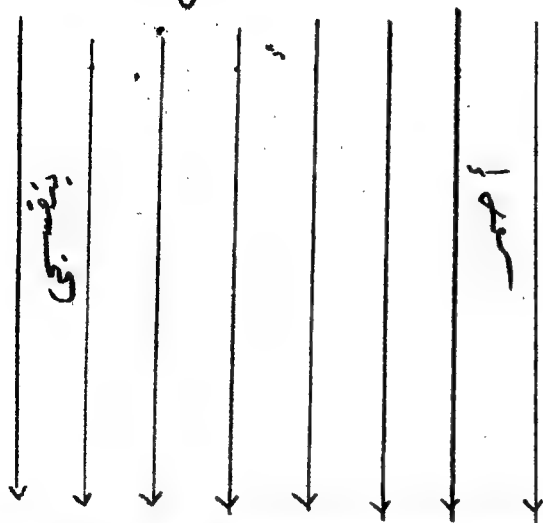
لننظر الشكل ( )

---

\*\*\* عالم المعرفة / ٣٨ / المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب  
تكنولوجيا الطاقة البديلة  
الكويت

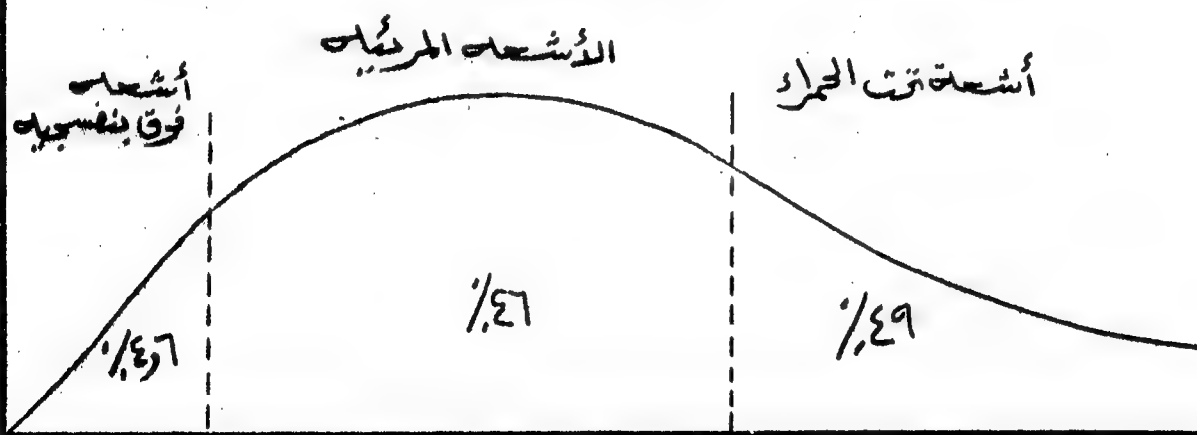
د/ سعود يوسف عباس

ربيع الأول / ربيع الثاني ١٤٠١ هـ / فبراير ( شباط ) ١٩٨١ م



الأشعة الساقطة على سطح الأرض

شدة الأشعة



طول الموجات

مكونات أشعة الشمس الساقطة على سطح الأرض

# بسم الله الرحمن الرحيم

## بيان عن الشمس والطاقة الشمسية

قطر الشمس ٨٦٤٠٠٠ ميل  
كتلة الشمس ٢٢٠٠  $\times 10^{30}$  طن متري  
مما يعادل ( ٣٣٠ ٠٠٠ ) ضعف كتلة الأرض

درجة حرارة الشمس ٦ ٠٠٠ درجة مطلق

درجة حرارة جوف الشمس التقديرية ٣٠ مليون درجة فهرنهايتية

(١) الكتلة الشمسية المستهلكة في كل ثانية  
(٢) الطاقة المنطلقة من الشمس باستمرار  
٤ مليون طن هيدروجين يتحول الى هليوم  
 $380 \times 10^{26}$  كيلو واط

(٣) اشعة الشمس الواصلة للجو الخارجي للأرض

$173 \times 10^{22}$  كيلو واط اي جزء من الف من جزء من مليون من مجمل الاشعة

(٤) طاقة الشمس الواصلة لسطح الأرض

$80 \times 10^{22}$  كيلو واط

مستقبل الطاقة الشمسية

دانيال س. هلاسي

العوامل التي تقلل من شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض \*\*\*\*

تضيق نسبة كبيرة من اشعة الشمس نتيجة عوامل متعددة منها الامتصاص في طبقات الجو العليا والتشتت بسبب السحب وتبخير الماء والجزيئات الغبار المتعلقة في الهواء وتتوقف قدرة السحاب على عكس اشعة الشمس أمران %

الاول نوع السحاب

الثاني المساحة التي يشغلها السحاب ويتضح ذلك من الجدول التالي :

نوع السحاب	حالت السماء / النسبة المئوية للاشعة المنعكسة
ركام طبقي	٨١ % الى ٥١ %
طبقي متوسط الارتفاع	١٧ % الى ٣٤.٥ %
طبقي متوسط الارتفاع	٣٩ % الى ٥٩ %
طبقي عال	٤٤ % الى ٦٤ %

ويجب عدم اخذ بهذه الارقام كحقائق لا تقبل المناقشة اذ ان هذا الامر هو تقدير ما يضع بواسطة السحاب ما زال من اصعب الامور لكن هذا الجدول السابق يعطي الصورة العامة عما تشتت من اشعة شمسية . وهناك امور اخر مثل سمك السحاب ويتوقف ذلك على الفصل السائد شتاء كان او صيف ، خريف او ربيع . فالسحب تكون رقيقة في بعض الفصول وكثيفة في فصول اخرى وكلما كانت رقيقة كلما قلت مقداريتها على عكس الاشعة .

وهناك بعض العوامل لا يستطيع الانسان التحكم او التدخل فيها او التأثير عليها والتي بدورها تحدد آفاق استخدامات الطاقة الشمسية وهذه العوامل هي :

(١) أن كمية الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحات ليست كبيرة ، وهي محكومة بموقع الارض من الشمس . فمن المعلوم ان المسافة الفاصلة بين الارض والشمس ليست ثابتة وذلك بسبب أن مدار الارض حول الشمس ليس دائرياً وبشكل متوسط فان كمية الطاقة العمودية الساقطة على المتر المربع الواحد من سطح الغطاء الغازي حول الكرة الأرضية يعادل ١٥ كيلو واط لكن هذه الطاقة لا تصل كلها الى الارض وذلك بسبب الاغلفة الغازية المحيطة بالكرة الأرضية والتي تقوم بامتصاص جزء من طاقة الشمس .

على هذا فان معدل الطاقة الشمسية العمودية الساقطة على سطح الكرة الأرضية اي بعد مرورها بالغلاف الغازي تعادل كيلو واط واحد على المتر المربع لكن الاشعة الشمسية تسقط بشكل منتظم وعمودي على سطح الكرة الأرضية وانما تختلف شدتها من منطقة الى اخرى اعتمادا على موقع تلك المنطقة على خط الاستواء وموقع الارض في مدارها حول الشمس .

أن المعدل العام للطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المسافة يعني استخدامها يحتاج الى مساحات واسعة من الخلايا والمجمعات الشمسية ، فالخلايا الشمسية المتوفرة حاليا تهمل بكفاءة في حدود ١٠ / ١٥ % . وعليه يمكننا تصور المساحات المطلوبة لانتاج الطاقة الكهربائية المباشرة من الشمس . ونسبة كبيرة من استهلاك الطاقة الكهربائية يمكن الاستعاضة عنه بالتحويل الحراري للطاقة الشمسية .

(٢) أن ما يحد من استخدامات الطاقة الشمسية والذي لا يستطيع الانسان التدخل فيها فهو أن الطاقة الشمسية لا تصل الى الارض بشكل منتظم فالنهار والليل .

ففي النهار تسطع الشمس وفي الليل تختفي ، والصيف والشتاء فيكون الاشعاع الشمسي عاليا  
في الصيف والجو صافيا اما في الشتاء فيكون الجو غائما او ممطرا والاشعاع الشمسي منخفض  
وتغير طول النهار وقصره وعدد ساعات الاشعاع الشمسي ويقتضى هذا الوضع الغير منتظم

لسقوط اشعة الشمس بتخزين الطاقة الشمسية بأجهزة كال وطرق مختلفة لاستعمالها وقة الحاجة

(٣) زاوية السقوط

أن الأجهزة التي تمتص الطاقة الشمسية يكون لها اوضاع ثابتة بالنسبة لسطح الارض والطاقة  
الاشعاعية التي تسقط على مثل هذه السطوح تسقط بزاوية متغيرة اثناء اليوم  
على مدار السنة

.....

الشمس في حياة الانسان

ص ٩٣ - ٩٤

د/ طه عثمان الفرا / محمد محمود محمددين

((محاضرة) — الطاقة الشمسية د/ محمد عبد الهادي - ٢٩ / ١٠ / ١٤٠١ هـ

مكتبة دار العلوم الرياض

## استغلال الطاقة الشمسية

يتوقف استغلال الطاقة الشمسية علي مقدار اشعتها وكثافتة هذا الشعاع • ومن المعروف أن الأشعة العمودية وشبه العمودية أشد كثافة من الشعاع المائلة • وتتغير زوايا الأشعة الشمسية الساقطة على سطح الأرض من يوم إلى آخر ومن ساعة إلى أخرى تبعاً لتغير موقع الأرض بالنسبة للشمس وبالنسبة لدوران الأرض حول الشمس • وتصل كثافة الشعاع الشمسي مداها وقت الظهر ولا تختلف من شهر لآخر ، وإن كانت كميتها أكبر في الصيف على الشتاء بسبب طول استمرارها لطول النهار في الصيف عن الشتاء ، وتزيد كثافة الإشعاع بسرعة عقب شروق الشمس وتتناقص بسرعة قبل الغروب مباشرة بسبب التغير في كتلة الهواء مع تغير ارتفاع الشمس • وتذكر كتب التاريخ أن أرشميدس قد استغل أشعة الشمس في منتصف النهار وسلطها بواسطة المرايا حتى أشعلت النار في أسطول الأعداء الذي كان يهاجم بلاده • وقد تمكن بوفون <sup>Buffon</sup> من إثبات تلك الرواية في عام ١٧٤٥ م إذ استخدم ١٤٠ مرآة مسطحة سلط بها أشعة الشمس على كومة من الأخشاب تبعد عن المرايا بمسافة ٦٠ متراً ونجح في إشعال النار بأخشاب تلك الكومة • ويقال إن كاسيني (Cassini) قد نجح أيضاً في صهر الحديد والفضة عن طريق استخدام عاكس للأشعة يصل قطره إلى ٤٢ بوصة وذلك في مدة لا تتجاوز الدقيقة •

مستقبل الطاقة الشمسية / تأليف / دانيال س • هلسي

ترجمة / زكريا أحمد البراعى

مكتبة الوعي العربى ص ٧٩ / ٢٠

## مجالات استخدام الطاقة الشمسية \*\*\*

هناك مجالات ثلاث رئيسية يمكن من خلالها استقبال الطاقة الشمسية وتحويلها الى اشكال اخرى نافعة من الطاقة وهذه المجالات هي %

### ١) التحول الكيميائي للطاقة الشمسية

وينطوي هذا المجال على استخدام الطاقة الشمسية لانتاج الوقود كالهيدروجين والميثان والكحول وكذلك العمليات العضوية التي تحدث في الكربوهيدرات يتاثير الطاقة الشمسية

### ٢) التحويل الكهربائي المباشر -

وفي هذا المجال يمكن تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية بشكل مباشر وذلك من خلال تعريض المواد شبه الموصلة الى اشعة الشمس ويتم استخدام

التحويل الكهربائي المباشر للطاقة الشمسية في الاقمار الصناعية وفي المحطات العلمية الموجودة في اماكن من الصعب ايصال التيار الكهربائي لها .

### ٣) التحويل الحراري للطاقة الشمسية .

وهنا يتم تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية يمكن استخدامها في اغراض الصناعية وفي اغراض استهلاك الطاقة المنزلية كتزويد المنازل بالماء الحار في التدفئة والتبريد ويحظى هذا المجال باهتمام واسع في اعمال البحث والتطوير وذلك لسهولة النسبية ولتعدد الاغراض التي يمكن من خلالها استخدام الطاقة الشمسية بالتحويل الحراري .

ومما يساهم في تركيز الاهتمام علي مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية حقيقة ان التكنولوجيا المطلوبة في هذا المجال متطورة ومتوفرة في ذات الوقت بتكاليف اقتصادية مقبولة .

فمثلا هناك مئات الالاف من البيوت في العالم التي يتم تزويدها بالماء الساخن عن طريق استخدام الطاقة الشمسية وتنتشر معظم هذه البيوت في الولايات المتحدة واستراليا واليابان

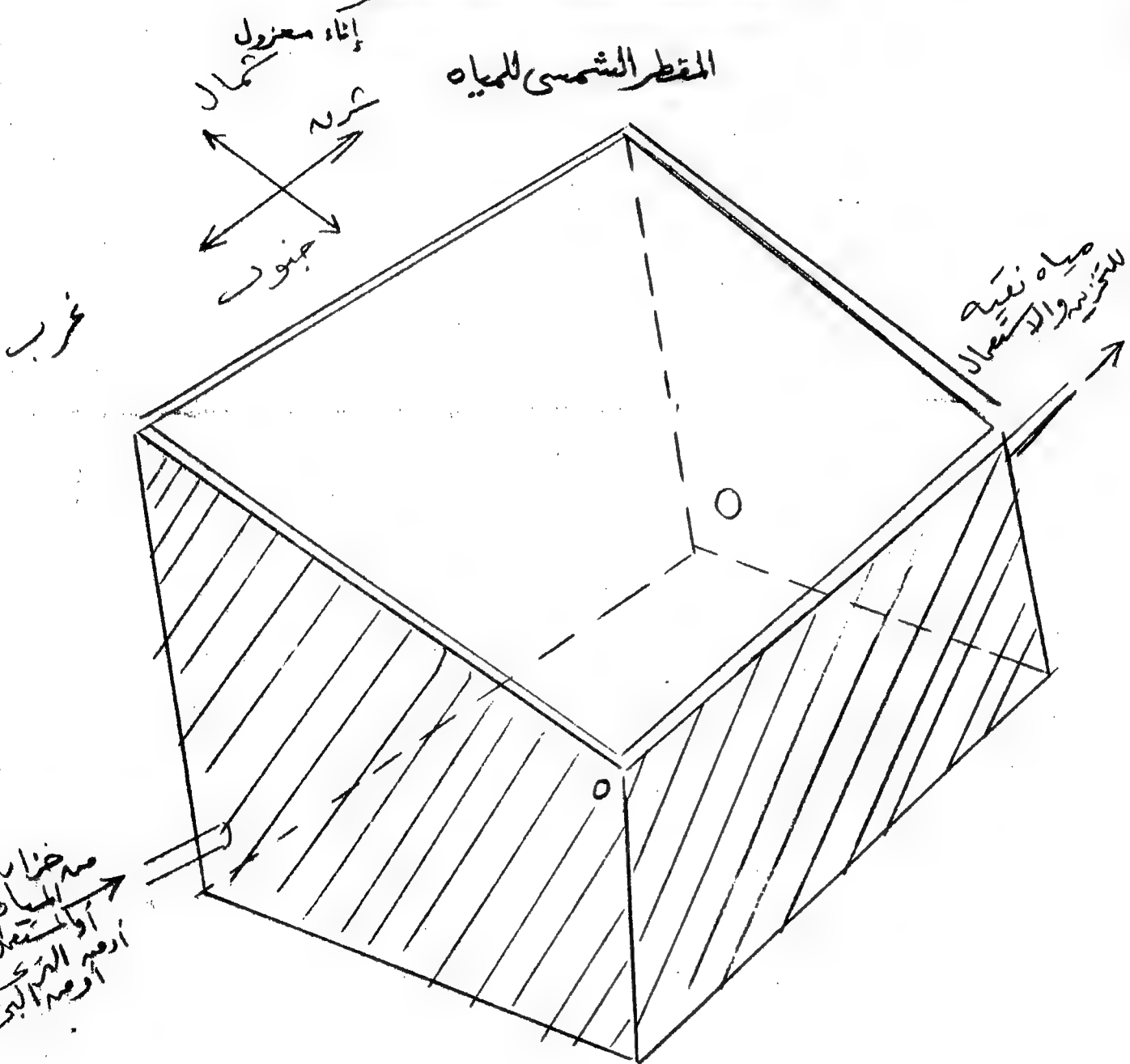
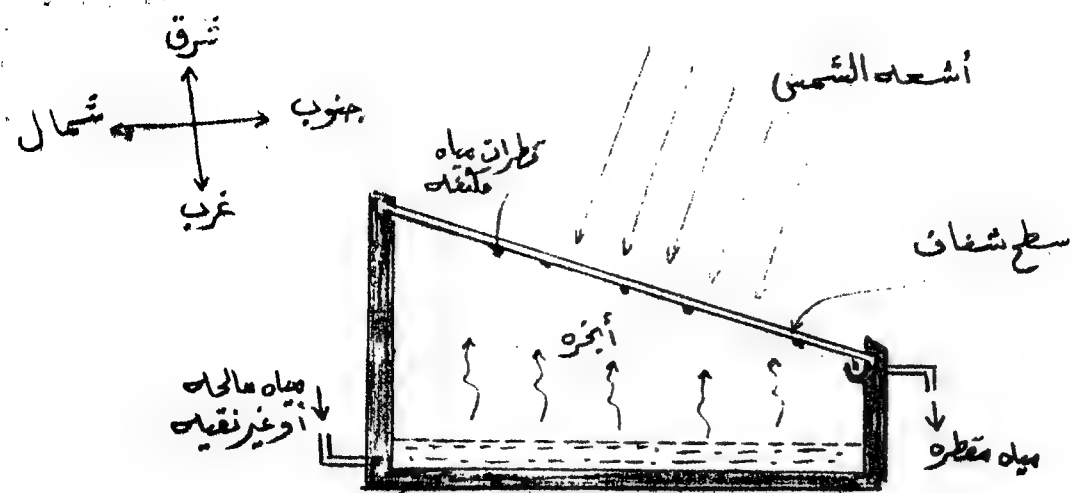
كما ان هناك العديد من البيوت التي يتم تدفئتها كليا أو جزئيا بالطاقة الشمسية كذلك هناك البيوت التجريبية التي يتم تبريدها بمعدات تزود بالطاقة الشمسية ومن الجدير

بالذكر ايضا ان بالامكان تقطير مياه البحر بالطاقة الشمسية اما بالنسبة لاستخدامات الطاقة الشمسية في التحويل الكهربائي المباشر فان التكلفة الاقتصادية لان مازالت عالية

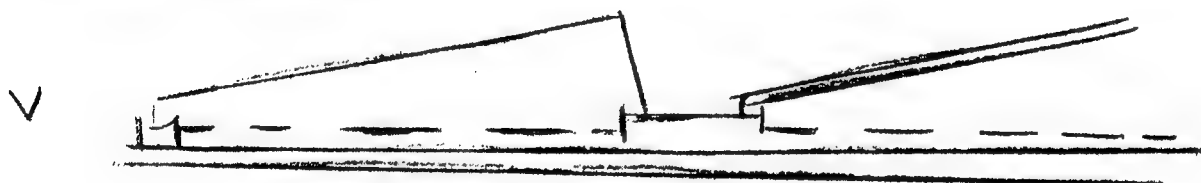
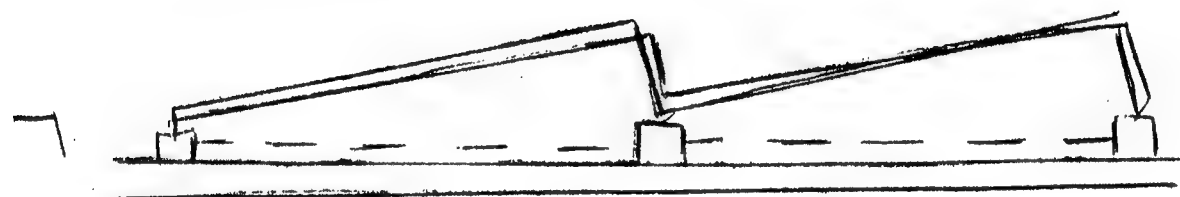
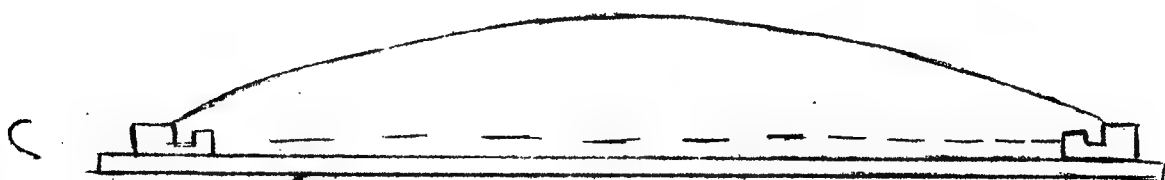
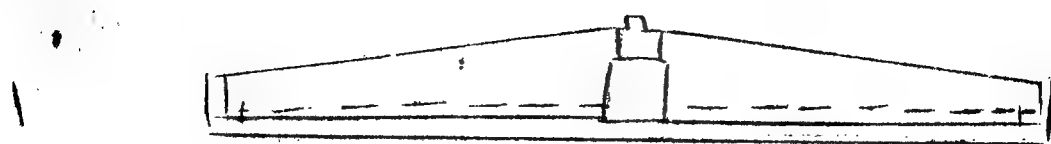
وتصل اضعاف تكلفة الكهرباء المولده من مصادر الطاقة الحالية غير ان المواق العملية

لم تكن يوما حجر عثرة في طريق تطوير المعرفة البشرية وقد تم مؤخرا تقديم الكثير من الأفكار والنماذج ولتصاميم لتطوير فعالية اجهزة التحويل الكهربائي المباشر وتقليل كلفته وحيث ان موضوع الطاقة الشمسية يحظى باهتمام واسع وعالمي فمن المتوقع تطوير اجهزه

فعاله في المستقبل .







بعض أشكال مختلف الأجهزة تقطير و تحليه  
المياه باستخدام الطاقة الشمسية



شكل (٧)

الفرن الشمسي الجزائري

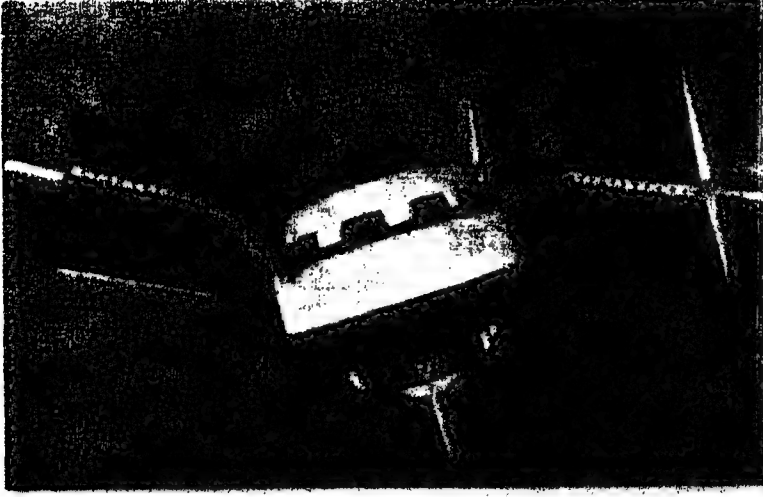
تبدو في الصورة منشآت الفرن الشمسي الضخم القائمة في  
بوزاربه بالجزائر حيث يستخدم في تثبيت التدرجين من  
الهواء الجوي



شكل (٨)

موقد الطهي الشمسي

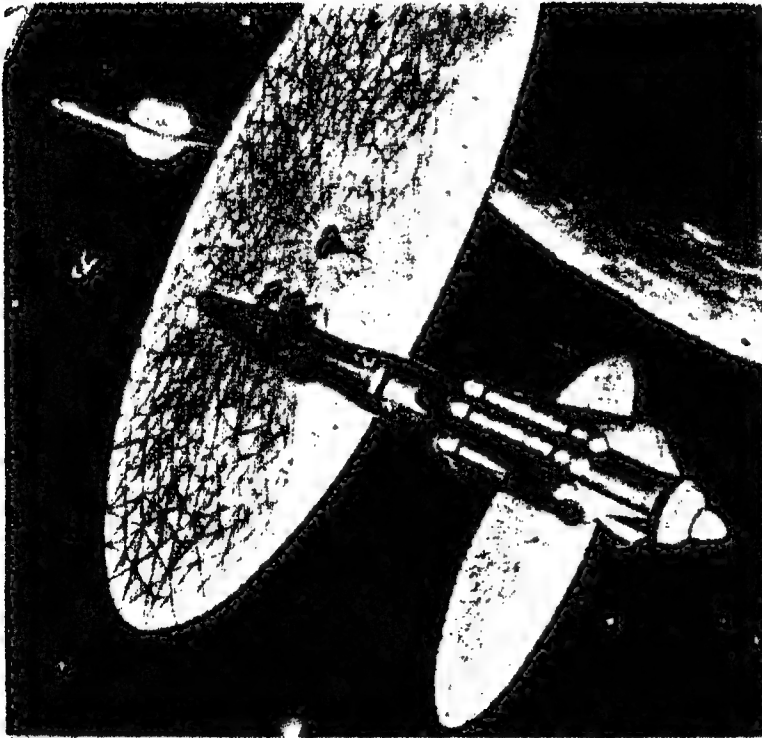
تبدو الفتاة الهندية وهي تستخدم موقد الطهي الشمسي  
الذي يجري انتاجه على نطاق واسع . وهو يماثل تصميم  
الموقد الشمسي المصري . ويمكن لمثل هذا الموقد البسيط  
تركيز نحو خمسمائة وات عند السطح المعدل الطهي



شكل (كـ)

استخدام البطاريات الشمسية في الأقمار الصناعية

يبدو في الصورة القمر الصناعي بايونيير الخامس تخرج منه  
أربع طارات تجديف ثابتة تتضمن صفوفا من البطاريات  
الشمسية لتزويد مركبة الفضاء بالكهرباء



شكل (د)

الاقلاع الشمسي

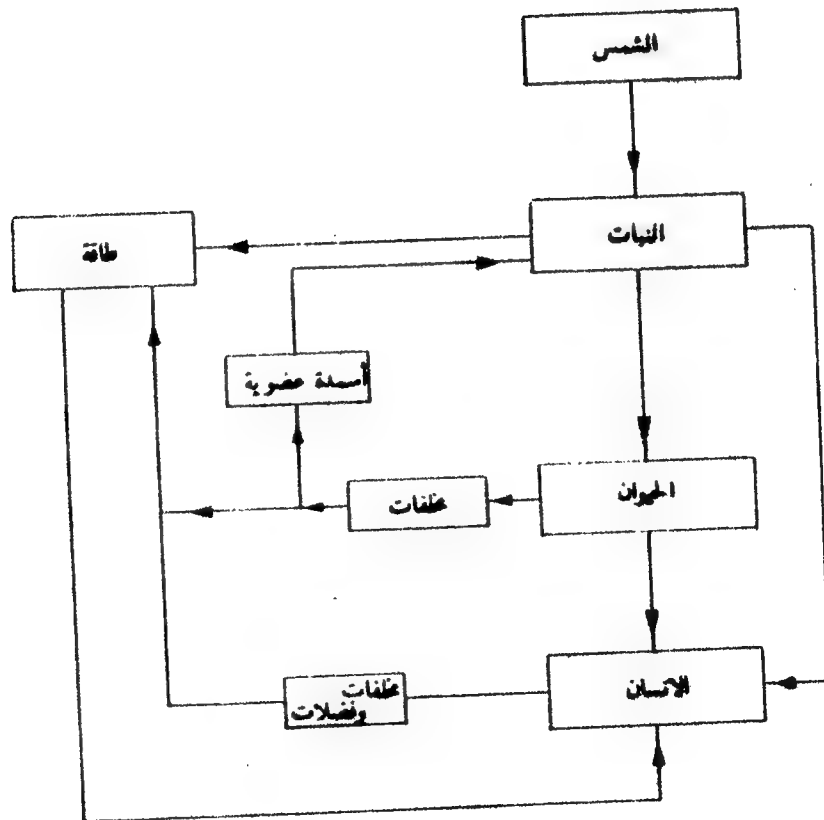
يبدو في الصورة تخيل تصميم الاسلوب الفنى لتحريك  
سفن الفضاء بعد وضعها تقليديا في المدار حيث ينشر منها  
شراع هائل يشبه مظلة البراشوت يبلغ قطره ألفا وستمائة  
قدم . وهو شراع قابل للطي ويمكن به التحكم في حركة  
المركبة عبر الفضاء . وتحل طاقة فوتونات ضوء الشمس  
التي تصدم الشراع محل طاقة الرياح التي تحرك الزورق  
الشراعى فوق سطح المياه على الأرض



شكل (١٥)

تحويل حرارة الشمس الى كهرباء

تبين الصورة المحول الكهروحرارى الضخم الذى اقامته  
شركة جنرال الكتريك فى مدينة فوينكس عاصمة ولاية  
أريزونا الذى يبدل حرارة الشمس الى كهرباء



شكل رقم (١٦)

مخطط ميكانيكى لإنتاج الطاقة بواسطة التمثيل الضوئى

## الطرق المختلفة للاستغلال الطاقة الشمسية

(١) اولا تحويل الطاقة الشمسية الى حرارة

(٢) تحويل الطاقة الشمسية الى كهرباء

اولا : تحويل الطاقة الشمسية الى حرارة

الطاقة الشمسية ترسل الى الارض خلال الفضاء بواسطة الاشعاع الكهرومغناطيسي

ويجب ان تحول الى حرارة قبل أن تستخدم عمليا في اعمال التدفئة أو التبريد وحيث

أن الطاقة الشمسية قليلة الشدة نسبيا عندما تصل للارض لذلك يكون حجم التصميم

المستخدم لتحويلها الى حرارة كبير نسبيا وتسمى هذه التصميمات مجمعات الطاقة

Solar Collectors

الشمسية

اساس عملها

تكون عادة من سطح يمتص الاشعاع بكفاءة عالية ويحول هذا الفيض

الى حرارة فترتفع درجة حرارته (السطح) وجزء من هذه الطاقة يؤخذ من السطح الممتص

بواسطة مائع نقل حراري • وتنقسم المجمعات الى قسمين

(١) مجمعات غير مركزة للطاقة وتسمى المجمعات ذات اللوح المستوية

(٢) مجمعات مركزة وفيها تستخدم مرايا لتجميع الطاقة الشمسية •

Solar Collectors المجمعات ذات اللوح المستوية

تركيبها انظر شكل (١٥) و (١٦).

(١) الغطاء - لمجمع شمسي نمونجي ذي لوح سطح يتكون من واجهه عبارة عن

واحد او اكثر من اللوح المسطحة الشفافة •

(٢) اللوح العاص - وهو لوح سطح يمتص الحرارة وقد يكون مطلي بطلاء مناسب

(٣) سائل التبريد - وهو السائل الذي يمر في انابيب خاصة ملتصقة باللوح السابق

وتنتقل اليه حرارة اللوح العاص فقد يكون غاز أو سائل أو ماء •

(٤) العازل الخلفي الحراري وهو عازل حراري يوضع خلف اللوح العاص للحرارة

لمنع فقد الحرارة منه •

ملاحظة : (١) الغطاء الزجاجي الشفاف يكون عادة شفاف للاشعاع الشمسي الساقط

عليه ولكنه معتم للاشعة تحت الحمراء • التي يبعثها السطح العاص للحرارة •

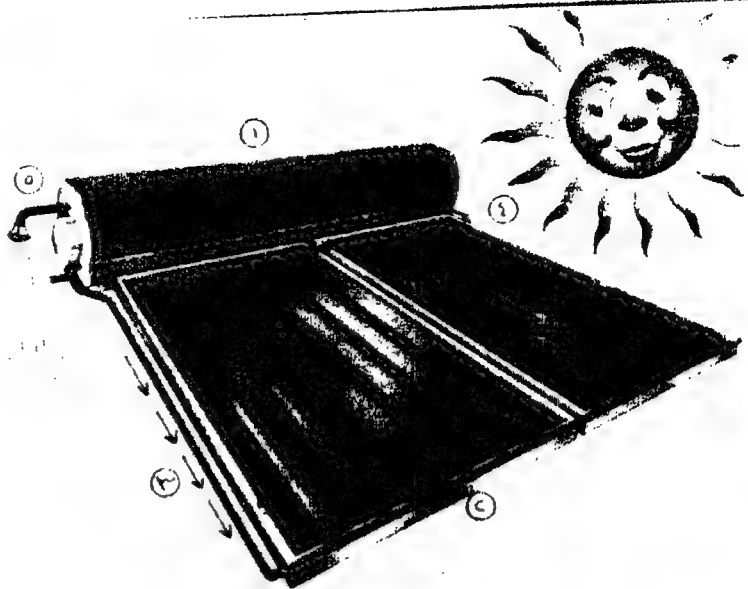
## ١١) خزان المياه

١٢) مجمعات الطاقة الشمسية

١٣) الماء البارد يهبط إلى قاع المجمعات

١٤) المسائل الساخن يتردد إلى أعلى الخزان

١٥) يخرج الماء الساخن



## كيفية عمل جهاز تسخين المياه

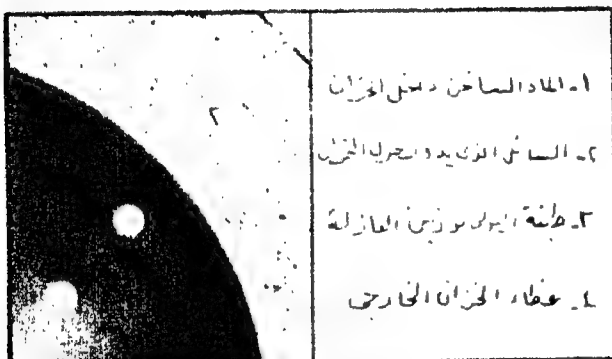
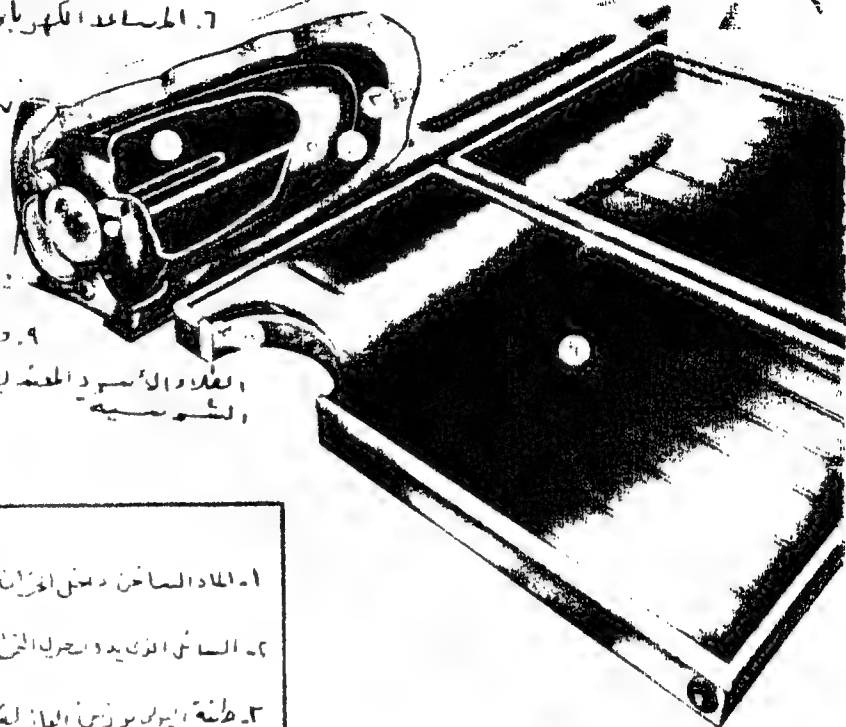
يتمثل الماء البارد قاع الخزان الماء من طريق أنبوبية صممت خصيصاً لهذا الغرض من  
تدفع الماء البارد إلى قاع الخزان فلا يختلط بالماء الساخن في أعلى الخزان ويسخن الماء البارد داخل  
الخزان بطريقة مستمرة للغاية. يحيط خزان المياه عوازل معدنية وبها فتحات دورية في مسامير  
من حضانة أنابيب الحرارة وتسمى هذه المسامير بدورات حول الخزان وأثناء دورات المسامير  
هناك مسامير وكلها يربطها المسامير تزيد كثافة فيهم إلى قاع المجمعات الطاقة الشمسية  
التي تدفئ الحرارة فيسخن المسائل بدورها ويتردد إلى أعلى المجمعات ومنها إلى الخزان ويدور  
تدولة فيهم من ماء الخزان حراره المسائل دياناً لاسود المسائل وتزيد كثافة فيهم إلى قاع  
المجمعات وتكرر هذه الدورة دوماً مستمرة وتعرف هذه الطريقة باسم  
"الاستغنون الحراري".

لحماية الخزان من فقدان الحرارة في أثناء انخفاضها للبلاد يتم عزل الخزان بطريقة  
ممكنة من مادة البولي يوريثين الممتلئ تحت الضغط العالي.

في بعض مناطق الشرق الأوسط تنخفض درجة الحرارة شتاءً تحت الصفر فيكون الماء يجمد  
بمسامير مسامير الخزان فيلتصق بالجمد. في الأيام الممطرة أو كثرة السحب يستعمل سوليد فوارت في تدفئة  
المياه الساخنة من طريق منقذ حراري (ترموستات) الذي يتوصل التيار إلى المسامير الكهربائية الموجودة داخل  
الخزان ويسخن الماء وبهذا الضمن المحلول على المياه الساخنة عليها لمناخات الأحوال الجوية.



- ١- غطاء الخزان مصنوع من الألومنيوم
- ٢- الخزان معزول بطبقة كثيفة من مادة البوليمر
- ٣- غلاف الخزان الخارجي مصنوع من طبقة رقيقة من الذهب
- ٤- فراغ بين الخزان وغلاف الصلب الخارجي
- ٥- خزان المياه مصنوع من الصلب المطبقين بطبقتين من الطلاء الزنكاجي
- ٦- المساند الكهربائية لتثبيت المياه في الأيام المظلمة
- ٧- دفيئة الصلب
- ٨- صحن الحطب معزولة من
- ٩- التماسيح الأرضية
- ١٠- مجمعات الطاقة الشمسية
- ١١- معزولة بمادة البوليمر
- ١٢- مواد العزل الزجاجي
- ١٣- دفيئة الخشب معزولة نوع خاص من
- ١٤- الغطاء الأسود المعزول لاحتفاظه بالحرارة من الطاقة الشمسية



- ١- المادة الساخن داخل الخزان
- ٢- السائل الذي يدور داخل الخزان
- ٣- طبقة البوليمر في الغلاف
- ٤- غطاء الخزان الخارجي

#### المواصفات الفنية

الخزان	السعة الكلية
٣٠٠ لتر (٣٠٠ جالون)	الجمعة (الفرار، الجوز، لايف)
٥٠٠ x ٥٠٠ x ٥٠٠ سم	الجمعة (الفرار، الجوز، لايف)
٥٠٠ x ٥٠٠ x ٥٠٠ سم	الجمعة (الفرار، الجوز، لايف)
٣٩٥ كيلووات	الوزن والتركيب
٥٠٠ كيلووات	المساند الكهربائية
٥٠٠ كيلووات	درجة حرارة المنطقة الحارة
٥٠٠ كيلووات	معدن الخزان
٥٠٠ كيلووات	بطانة الخزان



## SOLAR HEATING AND COOLING

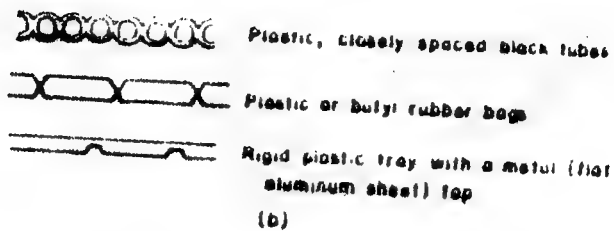
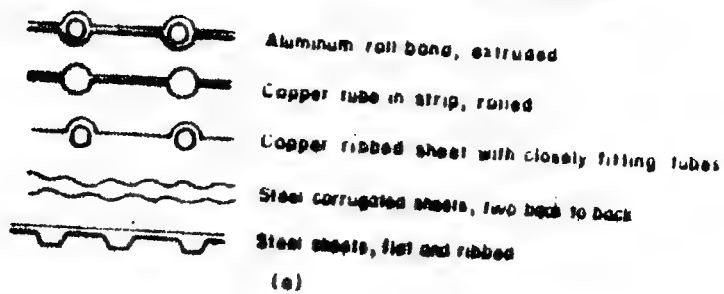


FIG. 3.1 Examples of currently available (a) metal and (b) nonmetal products that can be used as the absorber plate in a flat-plate collector.

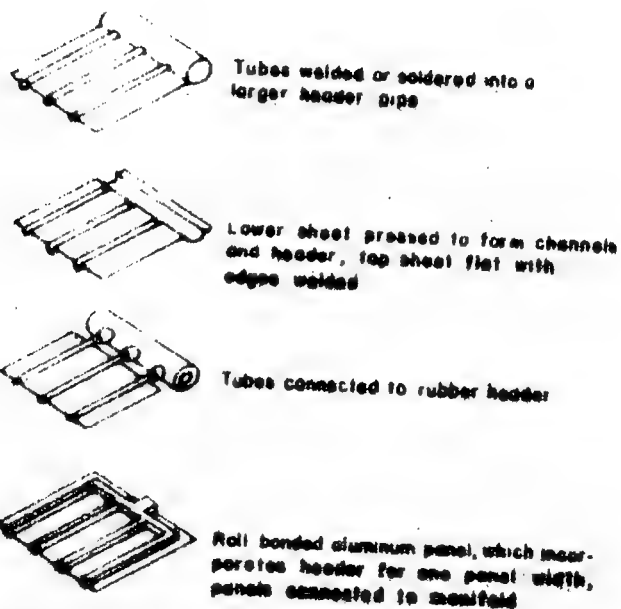


FIG. 3.2 Examples of manifolds used in typical flat-plate collectors.

(٢) اللوح الماص يطلي بلون اسود رقيق بطانة الدهان مناسبة ( يجب ان يكون في حفرة أو نمش

العوامل التي تؤثر في كمية الطاقة الشمسية المجمعة .

- (١) معامل النفاذية للأغشية الشفافة (تزداد بزيادة)
- (٢) معامل امتصاص اللوح الماص للحرارة ( ) (تزداد بزيادة)
- (٣) المقاومة الحرارية بين السطح الماص للحرارة والسائل الناقل للحرارة
- ( يجب ان تكون اقل ما يمكن .
- (٤) قوة الانبعاث للسطح الماص للحرارة للشمعة تحت الحمراء .

فقد الحرارة من اللوح المجمع وطرق تقليلها

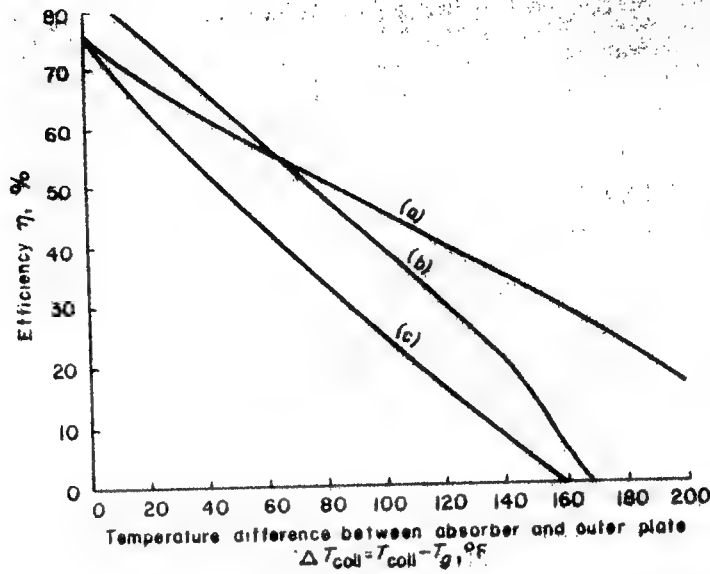
- (١) تفقد الحرارة بالتوصيل من قاعدة وجوانبه وتقلل ذلك بعزل القاعدة والجوانب بعزل حراري
- (٢) فقد الحرارة بالحمل في طبقة الهواء بين الأغشية وفوق اللوح الماص وتقلل بتصغير المسافة بين الغلافين ما بين ( ٢.٥٤ الى ١.٢٧ سم ) أو جعلها منطقة مفرغة .
- (٣) فقد الحرارة بالإشعاع . ويقلل بطلاء اللوح الماص بدهان منتقي من الناحية الضوئية (الليفية) - معامل امتصاصه كبير ومعامل انبعاثه في منطقة الحمراء وتحت الحمراء يكون صغير (
- ملاحظة / كلما زاد الإشعاع الشمسي الساقط كلما زادت الكفاءة شكل (١٢ : ٩)
- / تزداد الكفاءة كلما قلت زاوية سقوط طول لشمعة الشمسية والافضل عندما تساوي صفر شكل (١٢ - ١)

.....

محاضرات في الطاقة الشمسية

د/ محمد عبد الهادي

٢٥ شوال ١٤٠١ هـ



1G.3.9 Effect of various temperature differences  $\Delta T_{coll}$  and various types of absorber coatings on efficiency  $\eta$  under the following conditions: Collector absorber-plate temperature  $T_{coll} = 130^\circ \text{F}$ , interplate spacing  $D = 3/8 \text{ in.}$ , insolation  $I = 150 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)}$ , and solar absorptance  $\alpha_s = 0.95$ . (a) Double-plate collector with a selective-black absorber coating having an infrared emittance of 0.10; (b) single-plate collector with a selective-black coating having an infrared emittance of 0.10; (c) double-plate collector with a flat-black absorber coating having an infrared emittance of 0.95. (Adapted with permission from M. Altman.<sup>1</sup>)

شكل (١٢)

تاثير الفرق في درجة الحرارة للوحي المجمع

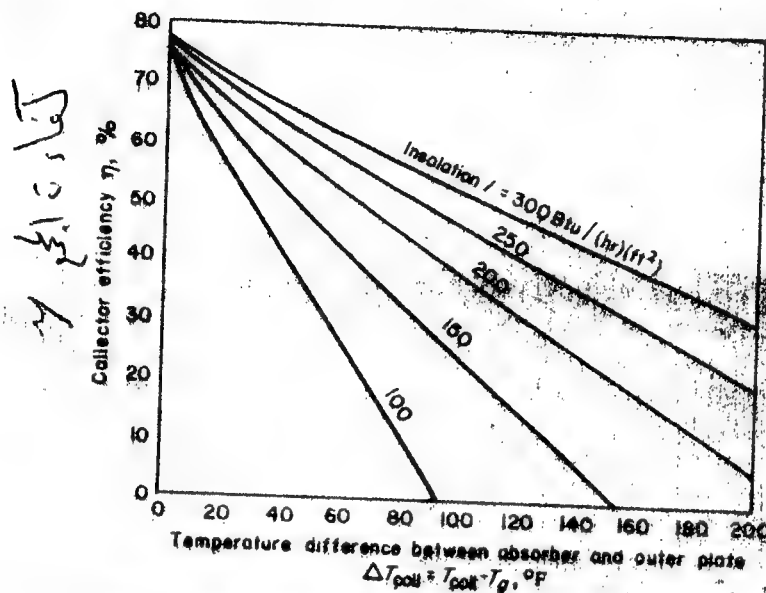
لقد نهن لوح الامتصاص بطبقة خفيفة سوداء لها خاصية امتصاص نوعي

وخاصية بث للاشعة تحت الحمراء قيمها كالآتي

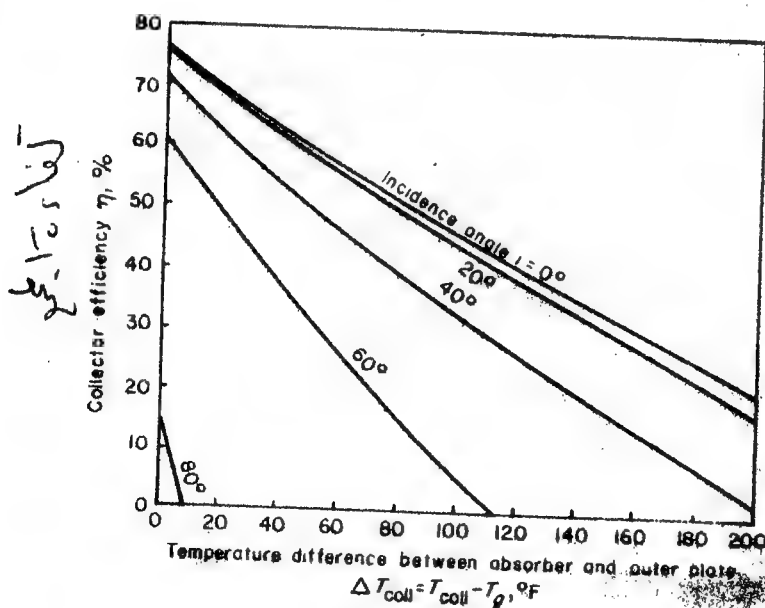
(أ) مجمع زوجي اللواح ( $\epsilon_{ir} = 0.1$ )

(ب) مجمع ذو لوح واحد ( $\epsilon_{ir} = 0.1$ )

(ج) مجمع زوجي اللواح ( $\epsilon_{ir} = 0.95$ )



Effect of various temperature differences  $\Delta T_{coll}$  and insulation  $I$  values on the efficiency  $\eta$  of a double-plate collector under the following conditions: Collector absorber-plate temperature  $T_{coll} = 130^\circ \text{F}$ , interplate spacing  $D = 3/8 \text{ in.}$ , and solar absorptance  $\bar{\alpha}_s$  and infrared emittance  $\bar{\epsilon}_{ir} = 0.95$ . (Adapted with permission from M. Altman.<sup>1</sup>)



Effect of various temperature differences  $\Delta T_{coll}$  and various incidence angle  $i$  values on the efficiency  $\eta$  of a double-plate collector under the following conditions: Collector absorber-plate temperature  $T_{coll} = 130^\circ \text{F}$ , interplate spacing  $D = 3/8 \text{ in.}$ , insulation  $I = 250 \text{ Btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)$ , and solar absorptance  $\bar{\alpha}_s$  and infrared emittance  $\bar{\epsilon}_{ir} = 0.95$ . (Adapted with permission from M. Altman.<sup>1</sup>)

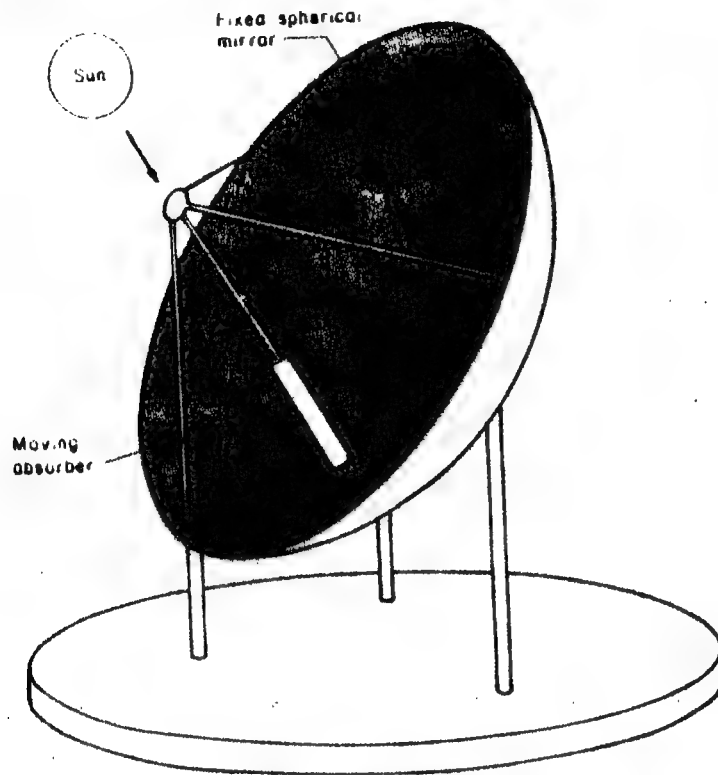


FIG. 3.17 Stationary-reflector/tracking absorber (SRTA) solar collector.

the concentrated energy, need move in a planar motion from morning to night. This absorber movement can be accomplished relatively simply and inexpensively, thereby making the concentrator system advantageous for solar heating and cooling of large commercial buildings as well as for the generation of electrical power. The SRTA collector is shown in Fig. 3.17

## تركيز أشعة الشمس وتجميعها

يتم تجميع وتركيز أشعة الشمس إما باستخدام الطريقة الصندوقية أو الغطاء الزجاجي حيث يعرض للشمس صندوق معقم واسود من الداخل غطاءه الزجاج فيمتص الصندوق من الداخل كل الحرارة الساقطة عليه ولا يسمح لها بالخروج - ثم توصل تلك الحرارة المتجمعة الى انابيب يمر بها الماء فتعمل على تسخينها وتبخيرها .  
أو قد يتم تركيز اشعة الشمس بطريقة المرايا المجمعة وهي إما أن تكون مقعرة لتجميع اشعة الشمس في بؤرات متقاربة فترتفع درجة الحرارة عند نقطة التجميع وإما أن تكون مرايا مستوية ومتراصة على شكل قطع مكافئ حيث تتجمع الشعلة المنعكسة في بؤرة واحدة قد تصل حرارتها الى آلاف الدرجات .

تركيبية : انظر الشكل ( ١٤ )

اساس عمل المجمعات الشمسية المركزة للطاقة بذات المرايا -

(١) هناك مبدأ ضوئي هام من الناحية الضوئية

انه بصرف النظر عن موضع الشمس فان المراية الكرية الثابتة يمكن ان تجمع

معظم الاشعاع الشمسي الساقط عليها على خط يوازي اشعة الشمس الساقطة .

هذا الخط يدور حول المركز الهندسي للمراية الكرية . مع دوران الشمس عبر الافق

فانه ليس من الضروري أن نحرك المراية لابقاء الهدف في البؤرة ولكن ممكن ابقاؤ

المراية ثابتة وتحريك الهدف ويكون الهدف على شكل أسطوانة صغيرة تستخدم كماس للحرارة وتجميع الطاقة التي تركز عليها ويمكنه ان يتحرك حركة مستوية اثناء النهار .

نفس المرجع ، السابق

يمكن تلخيصها فيما يلي :

- (١) عند درجات حرارة معينة تكون المجمعات المركزة ذات كفاءة تجميع أكبر وسائل التبريد يمكن ان . يسخن الى درجة حرارة أعلى منها للمجمعات المسطحة .
- (٢) الطاقة المبيعة لوحدة الحجم اكبر في حالة مجمعات التركيز وبالتالي تكون مجمعات التركيز أقل تكلفة .
- (٣) بما أن حرارة التشغيل التي يمكن الوصول اليها في المجمعات المركزة تكون اكبر لذا من الممكن استخدامها في توليد الكهرباء \* على مدى اكبر من السنة وبتكلفة أقل منها في حالة المجمعات المسطحة .
- (٤) المجمعات المسطحة تحتاج غطاء \* من الزجاج أو أكثر يفصلها طبقة هوائية وتحتاج الى مادة عازلة لتقليل الفقد الحراري من اللوح العاص وتحتاج الى انابيب ليعمر فيها السائل وكل هذا مكلف بينما مجمعات التركيز بسيطة جدا في تركيبها فهي تتركب من طبقة رقيقة من مادة عاكسة وطبقة معدنية تحتها قد تكون من مادة معدنية رخيصة أو معدن غالي .
- (٥) أن المشكلة الرئيسية للمجمعات التركيز هو انها تحتاج أو تتطلب حزمة مباشرة من الاشعاع الشمسي أو حزمة مبيعة لذلك فان النسبة بين الاشعاع المباشر والمنتشر نسبة مهمة في عمل المجمعات ذات المرايا .

محاضرات في الطاقة الشمسية

د/محمد عبد الهادي



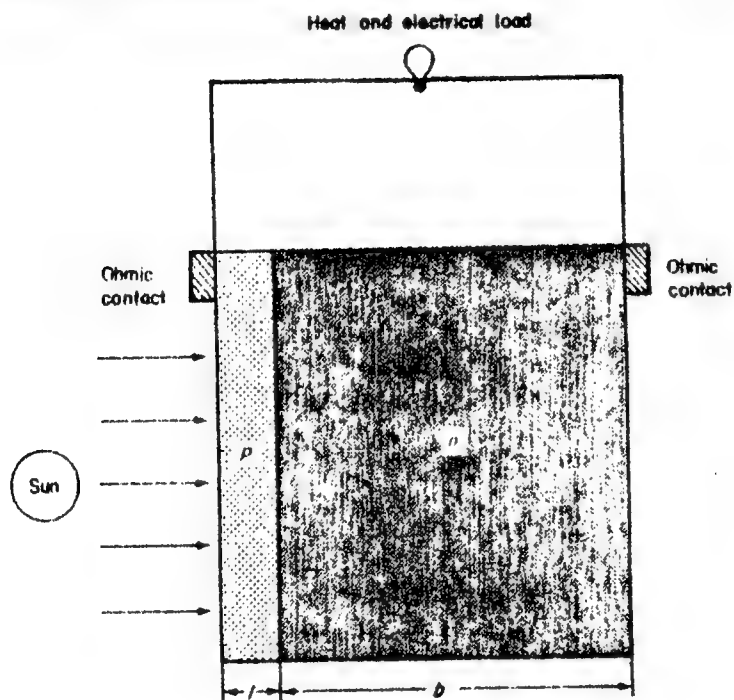


FIG. 3.30 Cross section of a solar cell. For single-crystal silicon cells,  $l$  is approximately  $1\ \mu$  and  $b$  is typically  $800\ \mu$ ; for thin-film cadmium sulfide cells, the  $p$  region is a copper sulfide approximately  $0.2\ \mu$  thick and the  $n$  region is cadmium sulfide with  $b$  approximately  $20\ \mu$  thick.

- ان التحول المباشر للطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية باستخدام التأثير الفلثائي يعتبر من اكثر الوسائل التي تجذب اهتمام العلماء .
- الا ان ثمن انتاج الخلية الواحدة كان باهظا الى وقت قريب وفي الشكل المبين (١٥) بعض انواع الخلايا الشمسية ومنها .
- (١) نوع يتكون من وصلة ثنائية ( P . N ) مفردة من السليكون وقد استخدمت في توليد الكهرباء في سفن الفضاء والاقمار الصناعية .
- (٢) نوع اخر يتكون من غشاء رقيق ٢٠ ميكرون من كبريتيد الكاريوم يعمل كبلورة سالبة ومنطقة من النوع الموجب من كبريتيد النحاس ٣٠ ميكرون . انظر الشكل ومازلنا نعاني من تكنولوجيا التحضير ومن قلة كفاءة هذه الخلية ( في حدود ١٤ ٪ )
- (٣) نوع يتكون ان لوح من النحاس يغطي احد اوجهه غشاء من اكسيد النحاسوز ويغطي هذا الغشاء بطبقة رقيقة من الذهب تسمح للضوء بالنفوذ .

شرح عملها :

عند سقوط الضوء على طبقة الذهب يتسبب في ازاحة بعض الالكترونات من طبقة اكسيد النحاسوز الى طبقة الذهب لذا ينشأ فرق جهد بين طبقة النحاس والذهب يتوقف مقداره على شدة الضوء الساقط

البلاقة الشمسية / د/ عبد الفتاح أحمد الشاذلي  
د/ أمين عرفان دويدار  
ص ٥٦  
دار المريخ للنشر الطبعة الاولى ١٤٠٠ هـ - ١٩٨٠ م

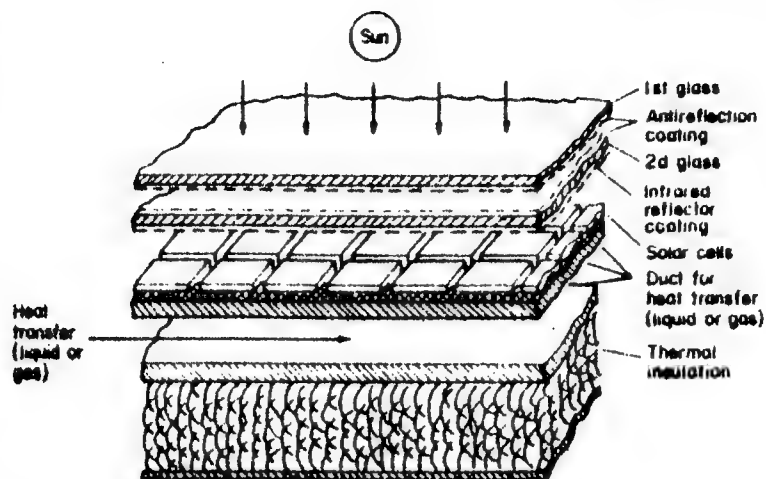


FIG. 3.31 Proposed structure of combination thermal-photovoltaic solar collector.

## كيفية تخزين هذه الطاقة

أن معرفة طرق الحصول على الطاقة من الشمس تتطلب معرفة تخزينها إذ قد تمر أيام بل شهور ولا تطلع الشمس فيها الا قليلا ناهيك عن غيابها في الليل ولقد اكتشف ان للماء خاصية مهمة في هذا الخصوص فالماء حين يغلى يكتسب حرارة لا يفقدها بسهولة وانما تبقى مخزونة فيه لبعض الوقت فضلا عن ذلك فان مقدار ما يمتصه الماء من طاقة حرارية يعادل ضعفاً ما تمتصه الحجارة أو الصخور ، ومن هنا لجاء الى استخدام المياه خلال الخلايا الشمسية الحرارية في ابواب من النحاس يقوم الماء باختزان تلك الطاقة الحرارية التي امتصها السطح الاسود وهكذا ينساب الماء من خلية الى اخرى حتى يصل الى خزان كبير يتسع الى ألف بل الى آلاف في جالون ومن هذا الخزان يرسل الماء الساخن عبر الابواب في داخل المنزل كذلك استطاع العلماء تخزين الطاقة الشمسية كيميائياً وذلك عن طريق امرار الهواء خلال الخلايا الشمسية الحرارية حيث يخرج الهواء ساخن فيمر عبر مركبات كيميائية تنصهر عند درجات حرارة منخفضة ٤٦ ٢٥ فيصهرها تيار الهواء الساخن، وبذلك تمتص حرارة وتسمى هذه الحرارة حرارة الصهر ، فاذا انقطع تيار الهواء الساخن تتطلب المركبات المنصهرة فتفقد حرارتها التي اختزنتها فتستغل خلال الليل والايام القادمة

## الاقران الشمسية

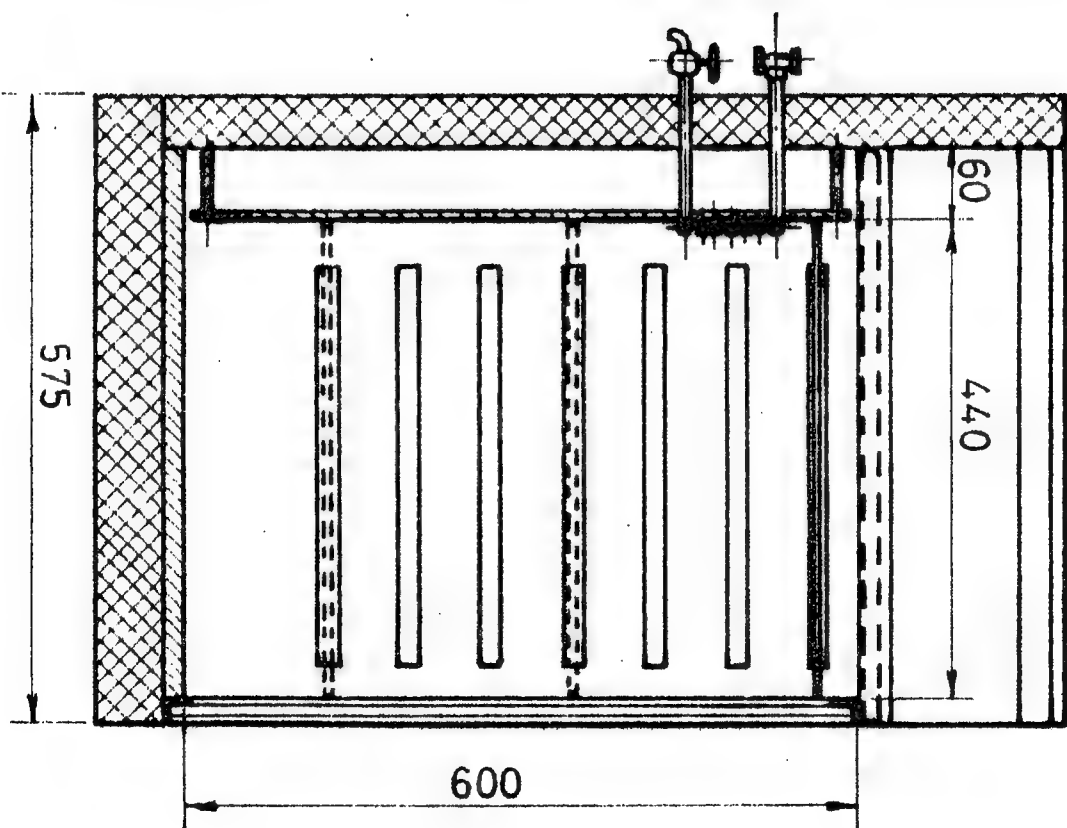
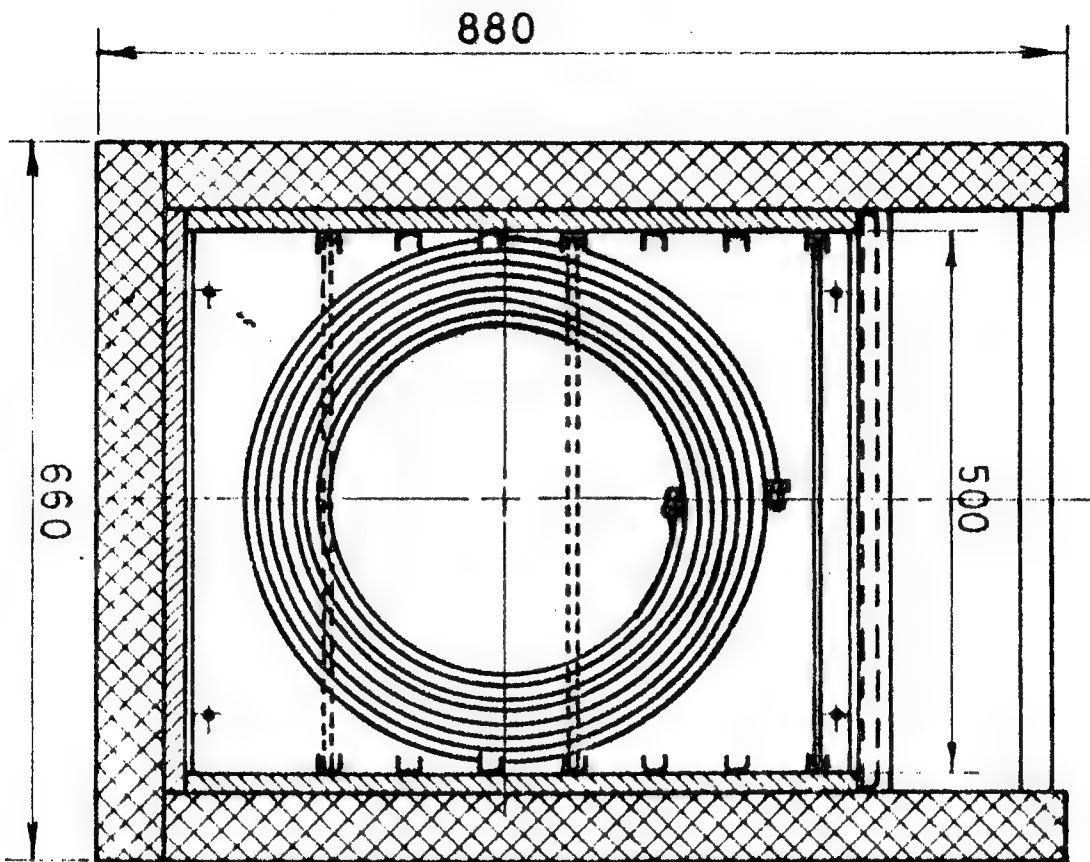
فتن عدد كبير من المخترعين منذ اكثر من قرن بامكانيات استخدام الطاقة الشمسية في اغراض متعددة وقد بذل بعضهم محاولات عديدة لتطوير استخدام المجمعات الحرارية وهي عبارة عن اجهزة ذات مراكز لتجميع الاشعاع مثل العدسات والمرايا ولا تستخدم تلك المجمعات الا حينما نرغب في الحصول على درجات حرارة تزيد على ١٠٠°م

ولعل اول جهاز بني لهذا الغرض كان ذلك الذي بناه العالم شومان عام ١٩١٣ م في ضاحية المعادي بالقرب من القاهرة لتوليد البخار \*\*\* وادارة آلة تجارب لرفع المياه للري . واول فرن شمسي بني عام ١٩٢١ م وساهمت في بنائه شركة (زيس) في (جنا) بالمانيا واستخدمت فيه مرآة مقعرة صنعتها شركة (زيس) نفسها وقد تم الحصول على درجات حرارة مرتفعة بهذه الطريقة وصلت الى حوالي ٣٠٠٠°م وفي عام ١٩٣٢ م بني فرن شمسي في كاليفورنيا استخدمت فيه عدسات ذات قطر يصل الى قدمين وبعد الفرن الشمسي الموجود في (مون لويس) بجبال (البرانس) من اكبر الاقارن الشمسية في العالم وقد تم الحصول فيه على درجات حرارة عالية وصلت الى ٣٥٠٠°م

---

\*\*\* الشمس في حياة الانسان

د/ طه عثمان الفرا



Dims. in mm.



## بسم الله الرحمن الرحيم

### المشروع البحثي عمل فرن وسخان شمسي

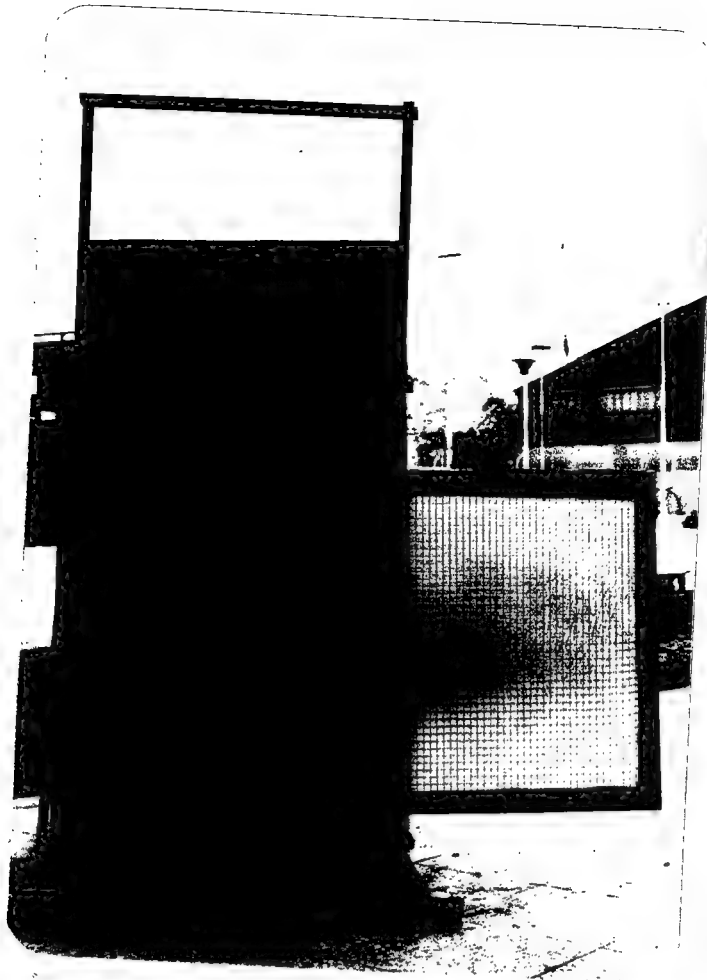
تم تصميم وتنفيذ فرن وسخان شمسي بعد عمل الرسومات الهندسية التوضيحية اللازمة لذلك والمبينة بالشكال المرفقة شكل ( ) ويمثل مقطع راسي وشكل ( ) يمثل مقطع مستعرض .

والفرن والسخان الشمسي معا عبارة عن صندوق معدني من صاج بسمك (1م) وابعاده من الخارج هي ( ٨٧٠ مم - ٥٧٥ مم - ٦٨٠ مم ) ، وجداره مزدوج والفراغ بين الجدارين مملوء بمادة عازلة حراريا من الصوف الزجاجي ( معامل التوصيل الحراري له هي ٠.٠٤١٨٣ واط / م . كلفن ) . وللصندوق غطاء زجاجي ( معامل التوصيل الحراري له ٠.٧٦ واط / م . كلفن ) ومزود من الداخل باطارات معدنية يمكن ان يثبت بواسطتها الواح زجاجية بابعاد ( ٥٠٠ مم x ٥٠٠ مم وسمك ٣ مم ) تعمل كأرفف داخلية وتساعد على تقسيم الفرن من الداخل الى طبقات على ابعاد مختلفة من السطح السفلي للغطاء الزجاجي العلوي .

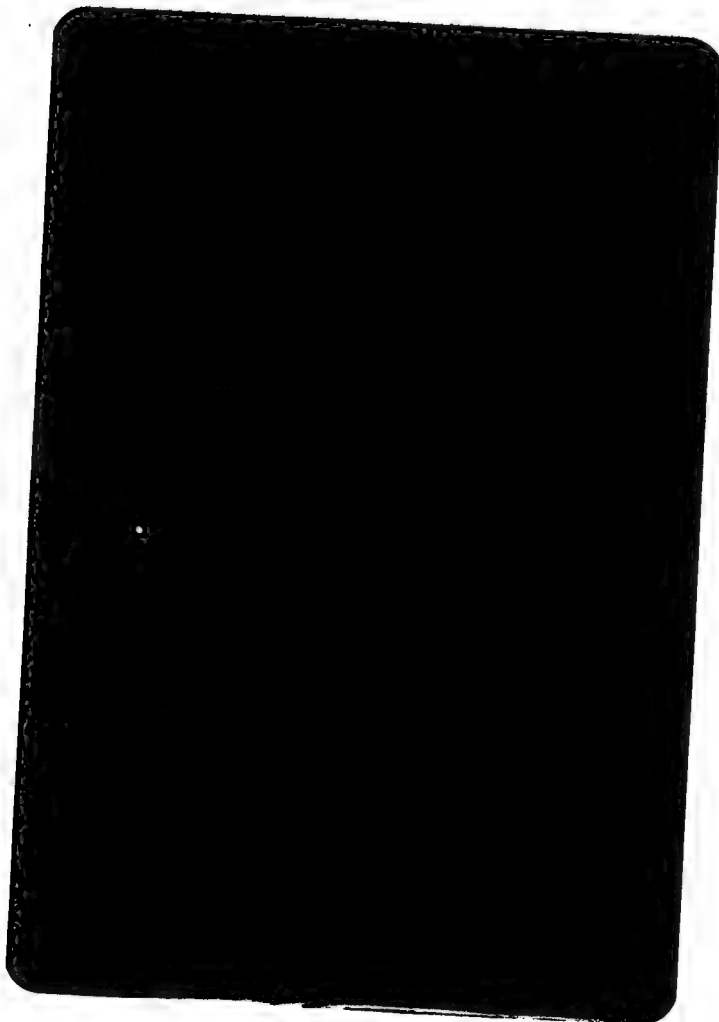
والفرن مزود بباب خارجي من الزجاج المبطن بصوف زجاجي بسمك كبير ، وقد يستخدم الباب لوضع الطعام على الأرفف ويمكن اغلاقه باحكام والفرن مزود من الداخل بلسوح معدني من النحاس الاحمر بطول ٥٥٠ مم وعرض ٥٥٠ مم وسمك ٣ مم ( معامل التوصيل الحراري = ٣٧٧ واط / م . كلفن ) مثبت داخل الفرن في وضع رأسي بدعامات معدنية ومثبت عليها ماسورة نحاسية ملفوفة حلزونية كما هو مبين بالشكل والصورة ( ) ( ) طول الماسورة النحاسية ٢٥٠٠ مم والقطر الداخلي ١٢١ مم والقطر الخارجي ١٣ مم وبداية الماسورة ونهايتها متصلتان من خارج الفرن من الخلف بتوصيلتين معدنيتين أحدهما لسريان سائل التشغيل (الماء ) داخل الانبوب الحلزوني والآخر لخروجه منها . ويستفاد بذلك عند استخدام التصميم كسخان شمسي .

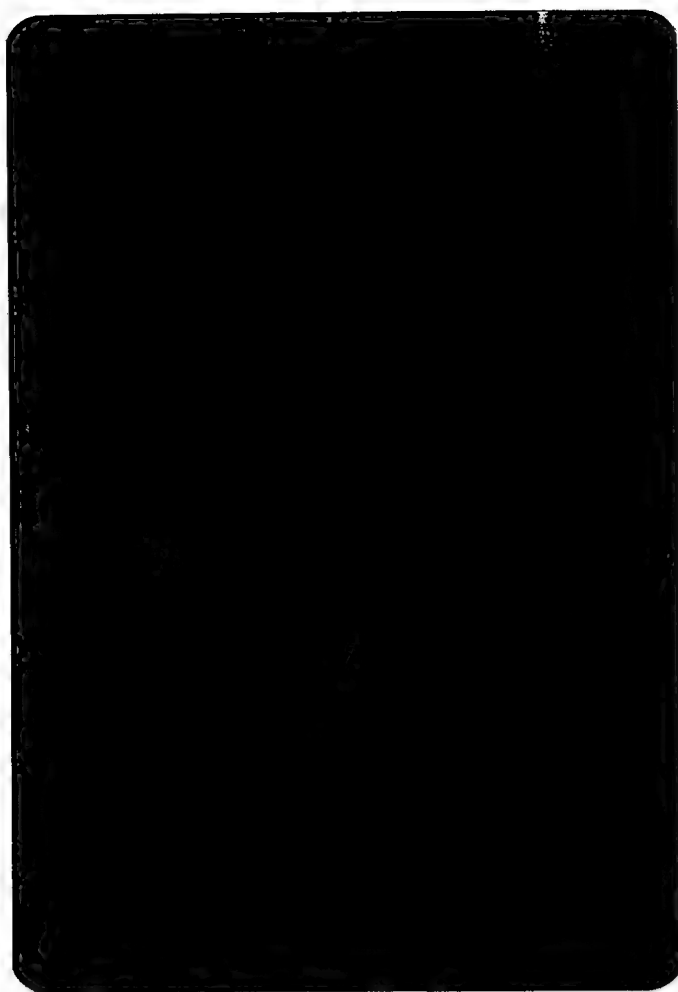
والتصميم مجهز بدعامات كالمبين بالصور الفوتوغرافية تساعد على تثبيت الفرن في وضع رأسي ، كما يمكن تحريكه حول محور خارجي وتثبيته بحيث يكون الفرن في وضع افقي .

٢٤٧ (٤٧)



٢٤٧ (٤٧)





وهذا البحث يختص فقط بدراسة هذا النموذج كفرن شمسي

### الدراسة التجريبية

الهدف منها:

.....

قياس درجات حرارة الطبقات المختلفة عند الأزمنة المختلفة

• منذ شروق الشمس الى غروبها

الادوات المستخدمة :

ازدواج حرارية نحاس - كونستنتان

جهاز قياس القوة الدافعة الكهروحرارية من الازدواجات الحرارية

بالملي فولت وهو ماركة ( DMM-172 KEITHLEY ) و يقيس بدقة )

$0.01\% \pm 1 \text{ DIGIT}$

$0 \div \pm 299.99 \text{ mv}$

في مدى

وقد تم تصنيع ازدواجات كهروحرارية من مادتي النحاس - كونستنتان وهي تصلح للقياس في مدى درجات حرارة من نقطة غليان الاوكسجين (-190°سلسيوس الى 350°سلسيوس) ، وتمتاز بأنها لقوة الدافعة الكهروحرارية لها تتغير تغيرا تدريجيا ، ويفضل استخدام مزدوجات النحاس - كونستنتان في المدى المذكور عن مزدوجات بلاتين - بلاتين اريديوم ، نظرا لان الاولاي قوتها الدافعة الكهروحرارية كبيره نسبيا ، والوصلة الساخنة للمزدوجات المختارة وضعت في داخل الفرن عند طبقات مختلفة على ابعاد هي

$$X_1 = 14.5 \text{ CM}$$

$$X_2^* = 29.9 \text{ C M}$$

$$X_3 = 40.5 \text{ CM}$$

$$X_4 = 57.00 \text{ CM}$$

وتلك الابعاد مقاسة من السطح السفلي للنفاء الزجاجي العلوي ،

اما الوصلة الباردة فوضعت في ثلج مجرون داخل اكثر من ترمس

لحفظ درجة الحرارة ولمنع الثلج من الانصهار السريع بفعل درجة حرارة الوسط المحيط ، وقد استخدم مفتاح متعدد الطرق وتم توصيل الطرفين العموميين للمفتاح

بجهاز ماركة ( DMM-172 K ) لقياس القوة الدافعة الكهروحرارية  
بالملي فولت .

وقد تم التسجيل لدرجة الحرارة في أيام مختلفة وقد تم ترجمة القيم التي  
حصلنا عليها بالملي فولت الى درجات حرارة مقابلة بالاستعانة بالجدول القياسية  
لمعايرة هذا النوع من المزدوجات \*\*\*

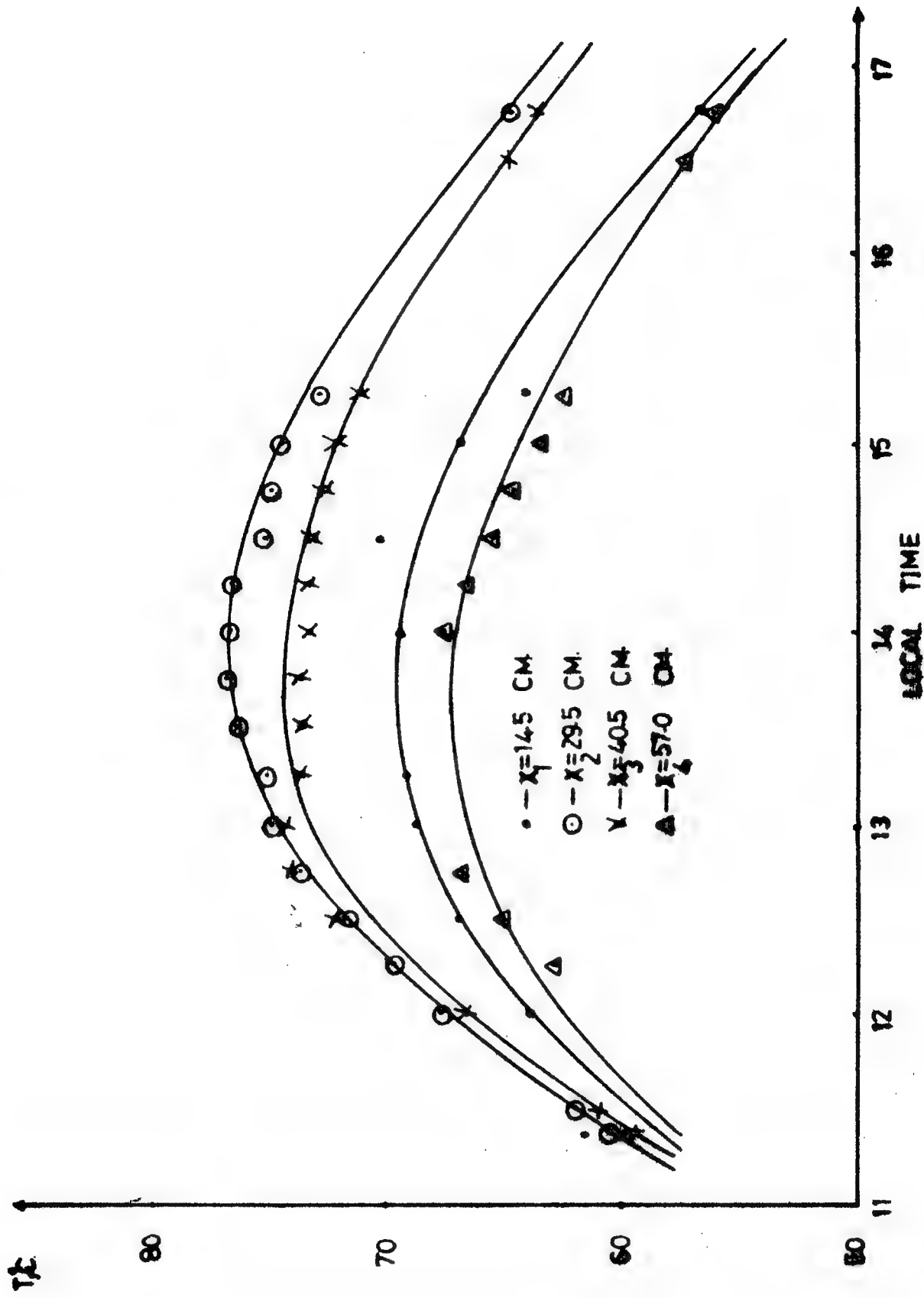
وشكل ( ) وشكل ( أ ) ( ب )  
يمثل نموذج للنتائج التي حصلنا عليها يوم الأحد الموافق 16 / رجب / ١٤٠٢ هـ  
والمسجل بالجدول المرافق (جدول رقم )

#### مناقشة النتائج التجريبية

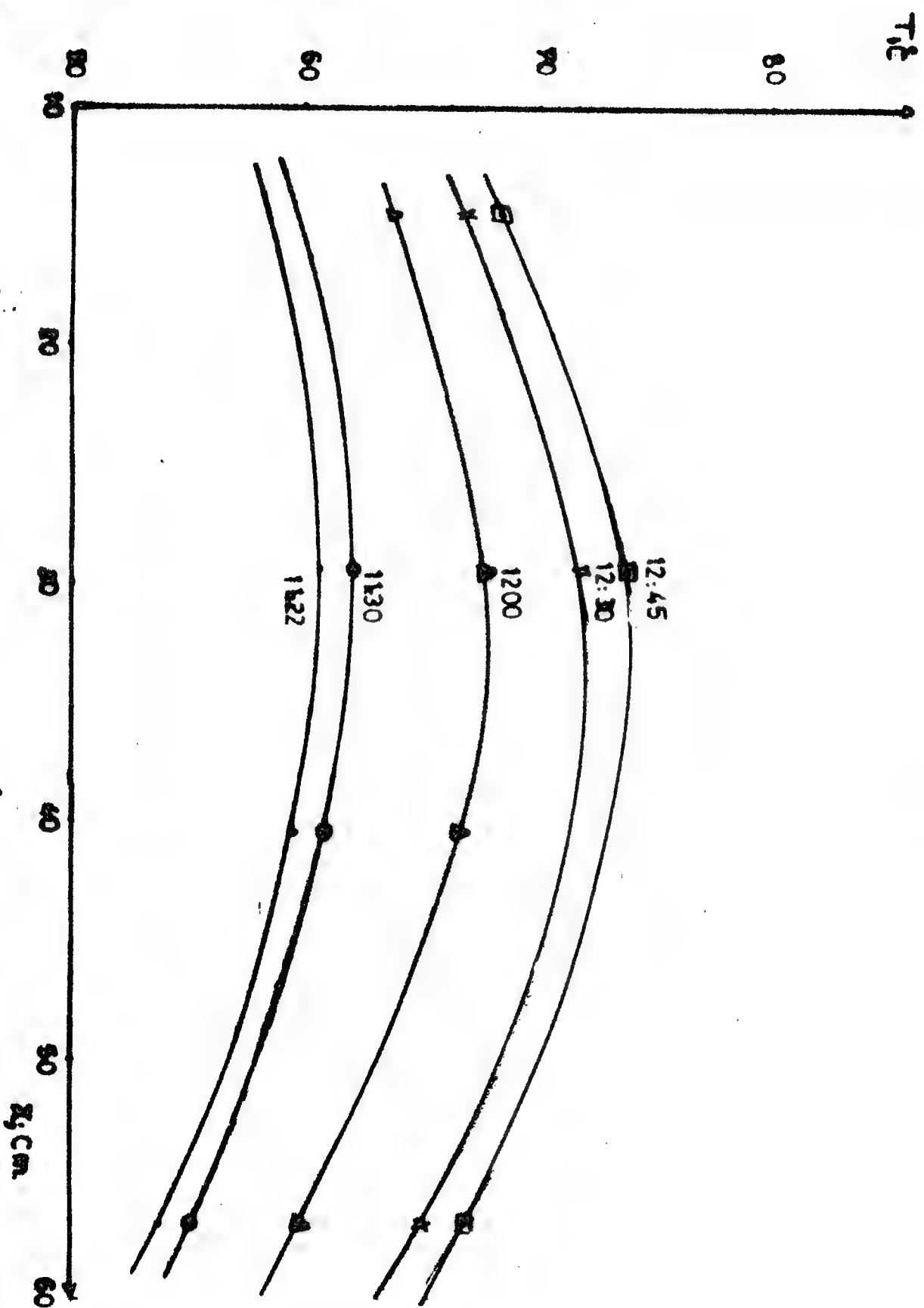
التمثيل البياني للنتائج التي حصلنا عليها في الشكل ( ) يبين العلاقة  
بين درجات الحرارة مع الزمن لكل طبقة من الطبقات الاربعة .  
ويلاحظ من هذا الرسم انه عند لحظة زمنية معينة تكون درجة حرارة الطبقة  
الثانية هي اعلى الدرجات يليها الطبقة الاولى ثم الثالثة والرابعة  
والتمثيل البياني في شكل ( ) يوضح درجة حرارة الطبقات الاربعة  
عند لحظة زمنية معينة ، وفيه تتأكد النتيجة السابقة حيث نجد درجة حرارة الطبقة  
الثانية هي الاعلى بينما درجة حرارة الطبقات الاربعة هي الادنى ،  
ويلاحظ ايضا من هذا الاشكال انه بمرور الوقت قبل الزوال تزداد  
درجات الحرارة في الارتفاع للطبقات المختلفة مع بقاء الترتيب السابق  
اي ان الطبقة الثانية هي الاعلى يليها درجة حرارة الطبقة الاولى ثم  
الثالثة فالرابعة كما يلاحظ ان درجات حرارة الطبقات المختلفة لا تبدأ  
في الهبوط التدريجي بعد الزوال مباشرة ولكن تستمر في الارتفاع وبعد الساعة  
الثانية والنصف تقريباً كما هو مبين بدأ يظهر بوضوح الانخفاض  
التدريجي لحرارة الطبقات المختلفة

\*\*\*

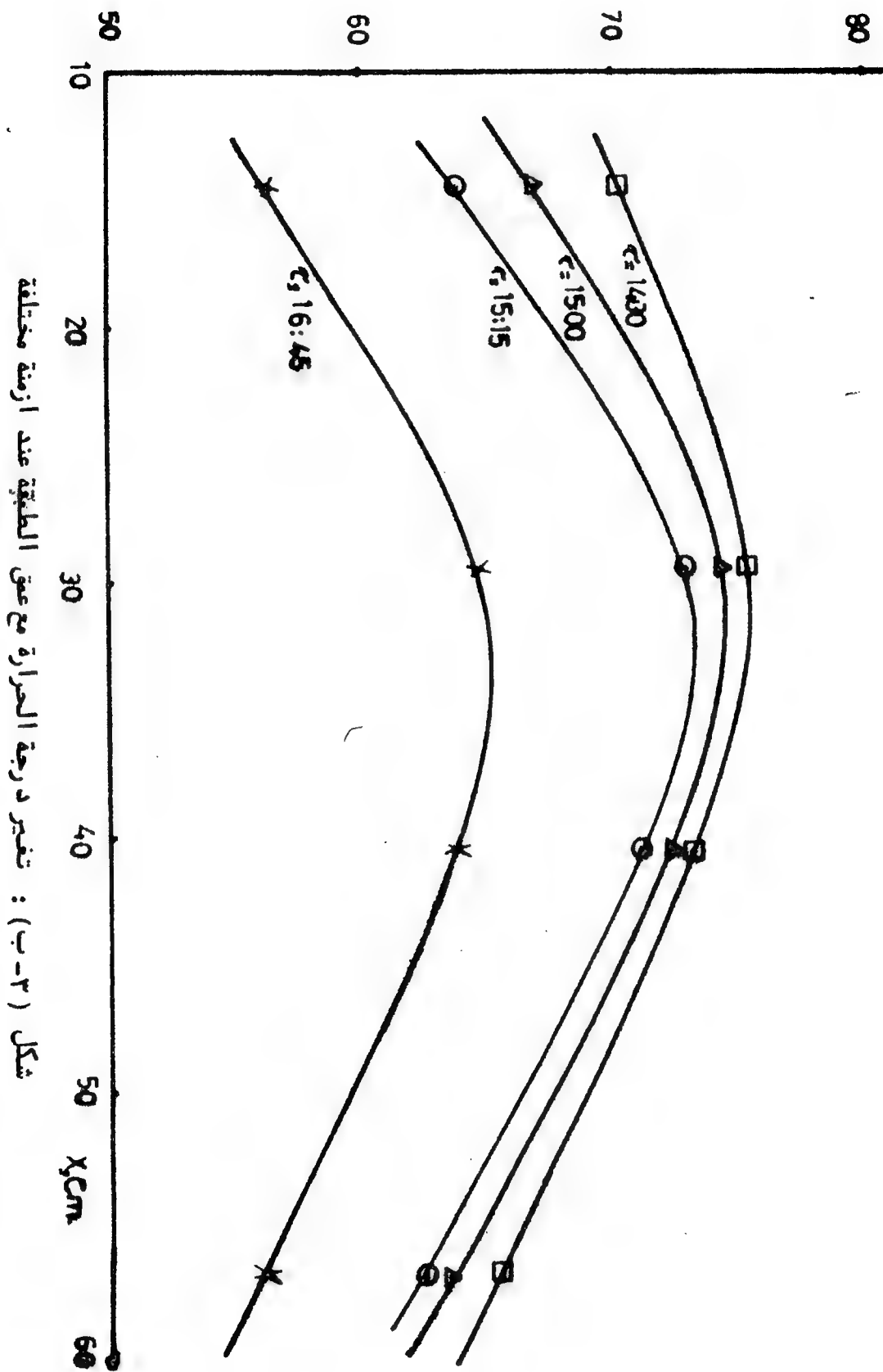
Hand book of chemistry and physics  
59th edition 3- II2



شكل (٢) : تغير درجة الحرارة مع الزمن للطبقات المختلفة



شكل (٤٣) : تغير درجة الحرارة مع عمق الطبقة عند أوقات مختلفة



شكل (٣-ب) : تغير درجة الحرارة مع عمق الطبقة عند ازمة مختلفة



## تفسير النتائج العملية

عندما تسقط اشعة الشمس على الغطاء الزجاجي العلوي للفرن تنفذ منه الطاقة الحرارية الى داخل الطبقات المختلفة فترتفع درجة حرارة كل طبقة تدريجيا . وكل طبقة يحدث بينها وبين الطبقات المجاورة لها تبادل حراري ، حيث ان السطح العلوي للفرن هو سطح ساخن بفعل الاشعة الحرارية من الطيف الشمسي الساقط عليها لذلك تنتقل الحرارة من طبقات الهواء المحصور داخل حيز الفرن من اعلى الى اسفل بطريقة التوصيل الحراري ( اساس )  
heat conduction وليس عن طريق الحمل \*\*\*

بالنسبة للطبقة الاولى تتجمع جزئيات الهواء الساخن عند السطح السفلي بينما درجة حرارة الجزيئات للهواء الملامس للسطح العلوي للفرن الاول في الطبقة الاولى تكون اقل ، والنتائج تبين ان درجة الحرارة في هذه الطبقة بوجه عام تزيد عند درجة حرارة الوسط الخارجي بما يزيد عن ٢٠ ° درجة سليوس لذلك فمعدل التبريد بين هذه الطبقة وطبقة الهواء الخارجي تكون كبيرة جدا ، بالنسبة لما يحدث في الطبقة الثانية ،

الطاقة التي تنفذ من خلال رف الزجاج الاول الى الطبقة الثانية سواء بفعل الاشعاع الحراري او بالتبادل الحراري تؤدي الى تسخين جزيئات الهواء وتتجمع الجزيئات الساخنة عند السطح السفلي للرف الزجاجي للفرن الاول والنتائج تبين ان درجة حرارة هذه الطبقة لا يختلف كثيرا عنها للطبقة الاولى فمعدل التبريد يكون اقل لذلك تحتفظ الطبقة الثانية بدرجة حرارتها وهذا يفسر أنها تصبح اعلى من درجة حرارة الطبقة الاولى .

الطبقة الثالثة يصل اليها نسبة اقل من الاشعاع الحراري النافذ من الغطاء العلوي بفعل الارتفاع ايضا ، ونجد ايضا ان الرف الثاني يلامس من الطبقة الثانية الجزيئات الاقل حرارة من تلك المتجمعة تحت الرف الاول .

فتقل بوجه عام الطاقة الحرارية المنقولة للطبقة الثالثة فتكون درجة حرارتها اقل من الطبقة الثانية واقل من الاولى ايضا .

وبنفس الكيفية يمكن تفسير ان الطبقة الرابعة درجة حرارتها هي الادنى .

Analysis of heat and mass

Transfer by E.R.G. Eckert .

Int . student edition 1972 Mc Graw - Hill

ثانياً انخفاض درجة حرارة الطبقات المختلفة بعد الزوال تفسير سهل وواضح

وهو مرتبط بنقص الطاقة الاشعاعية الحرارية التي تصل من الشمس بعد الزوال لأن الأشعة تسقط على السطح العلوي بميل وتكون الطاقة المستقبلية اكبر ما يمكن عند الزوال حيث تسقط عمودياً على الغطاء الزجاجي ،

والتصميم غير مجهز لمتابعة حركة الشمس في السماء هذا من جانب ومن جانب تكون المسار الذي تخترقه اشعة الشمس عند سطح البحر عند الزوال اقصر

ما يمكن (=)  $I \text{ air mass (M)}$  ولكن المسار خلال الغلاف الجوي

(أو كتلة الهواء) التي يعبرها الاشعاع تتغير اثناء حركة الشمس الظاهرية

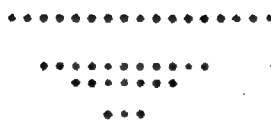
اثناء اليوم وعندما تصل الى زاوية ٦٠° بين السمات (the Zenith

وخط الابعار تتضاعف المسافة التي يقطعها الاشعاع قبل الوصول الى سطح الأرض

فتقل الطاقة الحرارية الواصلة اليها (وتصبح) كتلة الهواء وحدتين (2)

(the air mass = 2) الى جانب العوامل التي تقلل من شدة الاشعاع

الحراري الواصل اليها والتي سبق ذكرها في اول البحث.



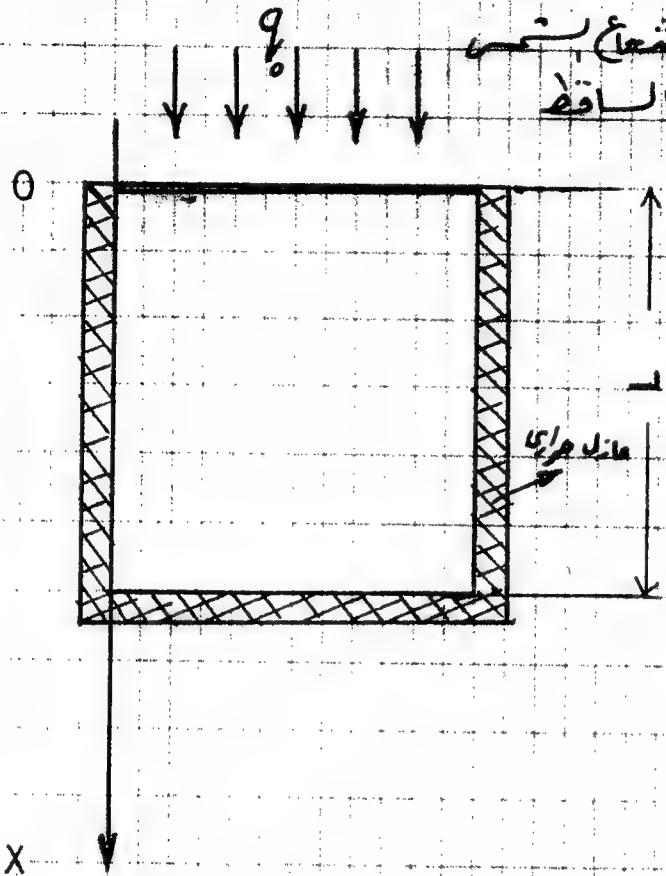
بسم الله الرحمن الرحيم

الدراسة النظرية

الهدف منها :

الحصول نظرياً على توزيع درجات الحرارة للطبقات

المتلفة عند أزمنة مختلفة وفقاً للنموذج المبين :



الطريقة :

١- نكتب معادلة التوصيل الحراري Heat conduction equation

للجيز الذي يمثل الفرن الشمسي ومحاولة حلها بحيث تكون

الشروط الابتدائية والحدية ، ويتضح ذلك فيما يلي :-

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a_{air} \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad (1) \quad \text{معادلة التوصيل الحراري}$$

$$\Theta(x, t) = T(x, t) - T_0$$

حيث

Ambient temperature

$T_0$  هي درجة حرارة الوسط المحيط

حيث

$$a_{air} = \frac{\lambda_{air}}{c_{air} \rho_{air}}$$

thermal diffusivity

٢

معامل التوصيل الحراري

$\lambda$  ٢

الكثافة

$\rho$  ٢

الحرارة النوعية

$c$  ٢

الزمن

$t$  ٢

$x$  عمود الصفيحة داخل الفرن مقاسة من السطح السفلي للغطاء

$x$  ٢

الزجاجي العلوي للفرن.

الشروط هي :

a) The initial condition

$$At \quad t = 0 \quad q_0 = 0 ; \quad \Theta = \Theta_0 = 0$$

The boundary Conditions

$$b) \quad At \quad x = 0 \quad \Theta = \Theta_0$$

$$c) \quad At \quad x = 0 \quad \frac{\partial \Theta}{\partial x} = - \frac{q_0}{\lambda_{glass}}$$

$$d) \quad At \quad x = L \quad \frac{\partial \Theta}{\partial x} = 0$$

نقرضه حل العادية (١) على شكل كثير حدود منه الدرجة الثانية على الصورة

$$\Theta = a_0 + a_1 x' + a_2 x^2 \quad (2)$$

الشروط (ب) يعطى  $a_0 = \theta_0$  (3)  
ويصبح البروفيل على الصورة

$$\theta = \theta_0 + a_1 x' + \frac{a_2}{2} x'^2$$

الشروط (ج) يعطى  $a_1 = -\frac{q_0}{\lambda_{\text{glass}}}$  (4)

الشروط (د) يعطى  $a_1 + 2 a_2 L = 0$

$$\therefore a_2 = -\frac{a_1}{2L} = +\frac{q_0}{2L\lambda_{\text{glass}}} \quad (5)$$

ويقتض من ذلك أن  $a_1 \neq f(t)$  and  $a_2 \neq f(t)$

$$\therefore \frac{\partial \theta}{\partial t} = \dot{\theta}_0 \quad ; \quad \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = 2 a_2$$

Thus the equation of heat flow can be written in the form:

دأصبح معادلة التوصيل الحراري (١) على الصورة

$$\dot{\theta}_0 = 2 a_{\text{air}} a_2 \quad (6)$$

$$\therefore \frac{d\theta_0}{dt} = 2 a_{\text{air}} a_2$$

$$\therefore \int_0^{\theta_0} d\theta_0 = \int_0^t 2 a_{air} q_2 dt$$

$$\therefore \theta_0 = 2 a_{air} q_2 t$$

$$\theta_0 = 2 a_{air} \frac{q_0}{2L\lambda_{glass}} t \quad (7)$$

بالتعويض من (3) و (5) و (7) في (2) نحصل على الكلاسيك على الصورة

$$\theta(x,t) = \left\{ \theta_0(0,t) - \frac{q_0}{\lambda_{glass}} x + \frac{q_0}{2L\lambda_{glass}} x^2 \right\} \quad (8)$$

where ;

$$\theta_0(0,t) = \frac{a_{air} q_0}{L\lambda_{glass}} t$$

ويلاحظ أن البروفيل (8) عند لحظة معينة  $t$  يمثل معادلة من الدرجة الثانية لا جذريان أحدهما صغير والآخر كبير، ويرجع أنه يجب أن نحس البروفيل لقيم  $x$  التي تساوي أو أقل من الجذر الأصغر وهذا العمق الحراري  $\delta$  يسمى عمق الاختراق الحراري  $\delta$  thermal penetration depth.

$$\delta(t) = \frac{-a_1 \pm \sqrt{a_1^2 - 4a_2\theta_0}}{2a_2} \quad (9)$$

وقد تم حساب التوزيع الحراري (8) بواسطة الحاسب الآلي  
والبرنامج المصنوع والنماذج التي تم الحصول عليها مرتقعة مع هذا  
البحث كما أن النماذج قد مثلت بيانياً في شكل (٤٤)  
الذي يبين العروق بين درجة الحرارة وعمود الصبقة عند أزمنة  
مختلفة ونفاً للمعالجة النظرية.

وما ينبغي الانتباه الحصول على درجات حرارة في المعالجة  
النظرية أعلى بكثير من تلك التي حصلنا عليها تجريبياً ويرجع  
ذلك للعوامل الآتية :-

- ١- افتراضنا أن العينة تتعرض لاقط على وجهها جانب  $q$   
مقدراً ثابتاً لا يتغير مع الزمن وهذا مخالف للواقع.
- ٢- عند الحسابات افتراضنا أن  $q = 1400 \text{ W/m}^2$  بينما الدراسة  
العملية وضحت أنه  $q = 915 \text{ W/m}^2$  عند النزول  
والفرق واضح أنه كبير.

٣- معروفة على ذلك أن التقري تم الحصول عليه بافتراضه عدم تسرب  
أي طاقة من الجدران الجانبية المعزولة حرارياً عزلاً جيداً  
وكتال لذلك بشرط المصنوع برقم (١٠)

صا ونبينا إلى القيم المستخدمة في الحسابات النظرية.

$$q = 1400 \text{ W/m}^2 ; \lambda_{\text{glass}} = 0.76 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$\alpha_{\text{air}} = 0.2216 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L = 0.61 \text{ m}$$

عمود لغزنا يساوي  
وتم الحصول على توزيعات الحرارة داخل لغزنا عند أزمنة من لحظ سقوط

الامتصاص الشمس قدرها 60, 300, 600, 900, 1800, 3600, 5400, 7200 Seconds.

( Table 1 )

Thermal measnrements

18/5/ 1982

The Variation of temperature with the layer depth at different times

Local time	T <sub>x1</sub>	T <sub>x2</sub>	T <sub>x3</sub>	T <sub>x4</sub>		
h. m.						
11:22	2.54	2.49	2.45	2.19	mV	
61.6	61.65	60.45	59.55	53.64	°C	
11:30	2.58	2.56	2.51	2.26	X <sub>1</sub> =14.5	CM
	62.5	62.05	60.91	55.23	X <sub>2</sub> =	29.9 CM
	2.64	2.81	2.76	2.46	X <sub>3</sub> =	40.5 CM
12:00	63.86	67.73	66.59	59.77	X <sub>4</sub> =	57 CM
12:15	2.66	2.90	2.90	2.59		
	64.32	69.77	69.77	62.73	°C	
12:30	2.77	2.98	3.00	2.69	M.V	
	66.82	71.70	72.00	65	°C	
12:45	2.48	3.08	3.09	2.77	M.V	
	68.41	73.78	74	66.82	°C	
13:00	2.85	3.13	3.10	2.85	M.V	
	68.64	74.90	74.22	68.64	°C	
13:15	2.88	3.14	3.07	2.89	M.V	
	69.10	75.11	73.55	69.55	°C	
13:30	2.85	3.20	3.07	2.90	M.V	
	68.64	76.44	73.55	69.77	°C	
14:00	2.88	3.21	3.06	2.80	M.V	
	69.32	76.66	73.33	67.5	°C	
14:30	2.93	3.15	3.05	2.71	M.V	
	70.44	75.33	73.11	65.50	°C	
14:45	2.82	3.13	3.03	2.67	M.V	
	67.95	74.88	72.66	64.55	°C	
15:00	2.77	3.11	3.01	2.62	M.V	
	66.82	74.44	72.22	63.41	°C	



(Table 1)

a11

07

Lo cal Time	T <sub>x1i</sub>	T <sub>x2</sub>	T <sub>x3</sub>	T <sub>x4</sub>	
I5:I5	2.64 63.86	3.04 72.88	2.96 71.11	2.58 62.5	M V °C
I6:I5 56	2.31 56.36	2.68 64.77	2.63 63.64	2.30 56.14	M V °C
=====					

0V

```

10 Q0=1400:L=0.61:LG=0.76:AA=0.2216E-4
20 A1=-Q0/LG:A2=Q0/(2*LG*L)
30 READ T: IF T=9999 THEN END
40 TH=2*AA*A2*T
50 B=SQR(A1(2-4*A2*TH)
55 LPRINT
60 X=(-A1-B)/(2*A2):LPRINT@10,"X="X
70 B=X/10:LPRINT@70,"Time ="T"Sec"
75 LPRINT:LPRINT@140,"X",@145,"THITA"
80 FOR I=5 TO X STEPS
90 TA=TH+A1*I+A2*I(2
100 LPRINTI,TA:NEXT I
105 FOR I=0 TO 500:NEXT
110 DATA 60,300,600,900,1800,3600,5400,7200,10000,9999
115 LPRINT
120 GOTO 30
130 END

```

X= 2.18347E-03  
Time = 60 Sec

X	THITA
2.18347E-04	3.61304
4.36695E-04	3.21104
6.55042E-04	2.80918
8.73389E-04	2.40746
1.09174E-03	2.00589
1.31008E-03	1.60446
1.52843E-03	1.20318
1.74678E-03	.802043
1.96513E-03	.401048

X= .0109973  
Time = 300 Sec

X	THITA
1.09973E-03	18.0519
2.19946E-03	16.0316
3.29918E-03	14.0149
4.39891E-03	12.0019
5.49864E-03	9.99251
6.59837E-03	7.98678
7.6981E-03	5.9847
8.79783E-03	3.98628
9.89755E-03	1.99151
.0109973	3.89814E-04

X= .0022006  
Time = 600 Sec

X	THITA
2.22006E-03	36.0697
4.44012E-03	32.0025
6.66018E-03	27.9501
8.88024E-03	23.9126
.0111003	19.89
.0133204	15.8823
.0155404	11.8894
.0177605	7.91147
.0199805	3.9484

X= .0336213  
Time = 900 Sec

X	THITA
3.36213E-03	54.0515
6.71426E-03	47.9093
.0100804	41.8012
.0134405	35.7273
.0168107	29.6875
.0201728	23.6018
.0235349	17.7103
.026897	11.773
.0302592	5.86971
.0336213	6.04987E-04

X= .0693298  
Time = 1800 Sec

X THITA  
- .693298E-03 107.757  
- .013866 95.2034  
- .0207989 82.795  
- .0277319 70.5317  
- .0346649 58.4136  
- .0415979 46.4407  
- .0485308 34.6129  
- .0554638 22.9303  
- .0623968 11.3928

X= .14897  
Time = 3600 Sec

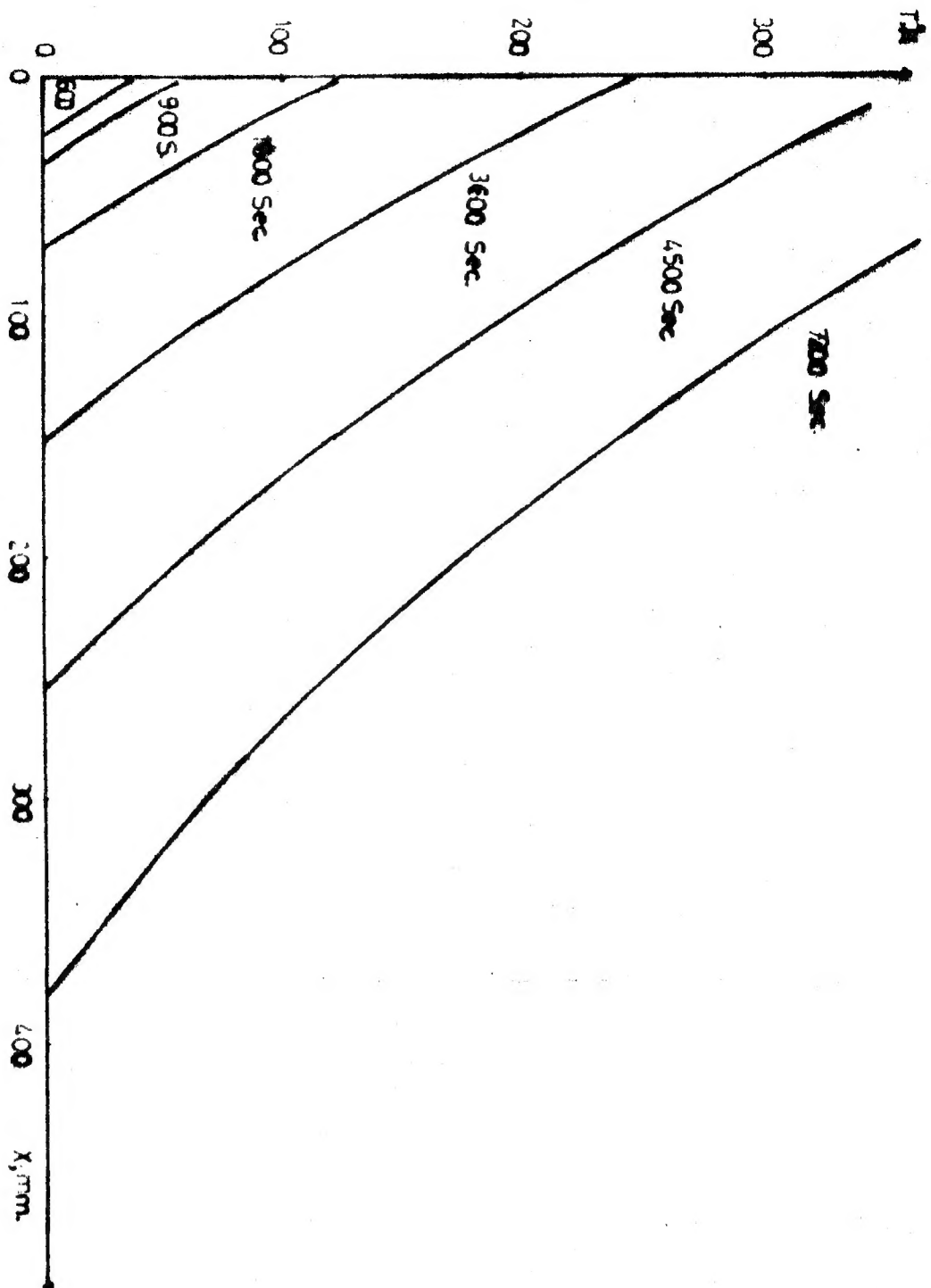
X THITA  
- .014897 213.804  
- .0297941 187.368  
- .0446911 161.601  
- .0595881 136.505  
- .0744851 112.079  
- .0893822 88.3228  
- .104279 65.237  
- .119176 43.8214  
- .134073 21.0759

X= .245621  
Time = 5400 Sec

X THITA  
- .0245621 317.032  
- .0491241 274.519  
- .0736862 233.827  
- .0982482 194.958  
- .12281 157.911  
- .147372 122.685  
- .171934 89.281  
- .196496 57.6991  
- .221058 27.9389  
- .245621 7.09534E-04

X= .379791  
Time = 7200 Sec

✓ X THITA  
- .0379791 414.039  
- .0759582 350.611  
- .113937 291.539  
- .151916 236.823  
- .189895 186.463  
- .227874 140.459  
- .265854 98.8106  
- .303833 61.518  
- .341812 28.5814  
- .379791 5.64575E-04



العلاقة بين درجة الحرارة وفق الطبقة عند أزمنة مختلفة وفقا للمعالجة النظرية  
مكل (٢٤)